

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ



Ideový návrh samonabíjecí malorážky ráže 22 LR

Design of Selfloadig Smallbore Rifle for Cartridge 22 LR

Autor: Jaroslav Malina

Vedoucí Bakalářské práce: Prof. Ing. Lubomír Popelínský, DrSc.

Datum odevzdání: 21. května 2010

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Jaroslav Malina**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo
Téma: **Ideový návrh samonabíjecí malorážky ráže 22 LR**
Design of Selfloadig Smallbore Rifle for Cartridge 22 LR

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te rešerši v oblasti zadaného segmentu trhu s malorážkami s důrazem na přehled samonabíjecích zbraní. Analyzujte používané konstrukční principy samonabíjecích malorážek (konstrukce a uložení hlavně, uzamčení, pohon automatiky, podávání, spoušťové a bicí mechanismy aj.) a vyberte nejvhodnější konstrukční prvky pro ideový návrh samonabíjecí malorážky.
2. Vypočtete potřebné vnitrobalistické veličiny pro návrh zbraně v ráži 22 LR nebo a navrhnete hlavěň, návrh doložte detailním výkresem a kompletním pevnostním výpočtem.
3. Ideově navrhnete ostatní mechanismy zbraně (závěr, zásobník, bicí a spoušťové ústrojí, pažbu aj.). Návrh zbraně doložte výkresem sestavení v potřebných pohledech a řezech a schématy, nákresy a výpočty jednotlivých ústrojí potřebných pro doložení návrhu.
4. Výpočet funkce samonabíjecí zbraně doložte výpočtem funkčního diagramu zbraně.
5. Zhodnot'te vhodnost řešení mechanismů a součástí z hlediska dosažení vysoké přesnosti střelby

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.

Petruželka, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 30. 6. 2009 [cit. 2009-30-10]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20ps%C3%A1t%20cerven%202009.pdf>.

Fišer, M., Procházka, S. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2007, 120 s.

Fišer, M.: *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2006, 130 s.

Popelínský, L., Procházka, S. aj. *Automatické zbraně*. [Učebnice]. Praha: FMO, 1991, 636 s., číslo tisku RDV-51-1

Popelínský, L. *Odběr plynů v automatických zbraních*. [Skripta]. Brno: Vojenská akademie, 1993, 86 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof.Ing. Lubomír Popelínský, DrSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21. května 2010



Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. května 2010

Jaroslav Malina

Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Jaroslav Malina

Adresa trvalého pobytu autora práce: Popovice 36, Uherské Hradiště, 686 04

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MALINA, J.: *Ideový návrh samonabíjecí malorážky ráže 22 LR: Bakalářská práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 71 s. Vedoucí práce: Popelínský, L.

Tato práce se věnuje přehledu samonabíjecích malorážek dostupných na současném trhu a přehledu nejpoužívanějších ráží (nábojů). Dále shrnuje používané konstrukční prvky, zejména uložení hlavně, uzavření nábojové komory, pohon automatiky, podávání, spoušťové a bicí mechanismy. Poté uvádím svůj názor na některé z použitých prvků a je vybrána nejvhodnější koncepce (konstrukční principy) pro ideový návrh samonabíjecí malorážky. Na závěr jsou provedeny potřebné výpočty, nejprve vnitrobalistických veličin pro ráži 22 Long Rifle, následně funkce zbraně. Ideově navržené mechanismy jsou také zhodnoceny z hlediska dosažení vysoké přesnosti střelby.

ANNOTATION OF BACHELOR WORK

MALINA, J.: *Design of Selfloadig Smallbore Rifle for Cartridge 22 LR: Bachelor Thesis.* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 71 p. Thesis head: Popelínský, L.

The main subject of this work is a survey of the semi-automatic rimfire rifles, which are currently available on the market, including an overview of the most widely used calibres (cartridges). This thesis further presents summary of design features, especially placing of barrel, cartridge chamber closure and locking, automatic function driving systems, feeding, trigger and firing mechanisms. Afterwards I present my views on some of the elements and features used. Then the most suitable conception (design principles) is selected to form conceptual design of the semi-automatic rimfire rifle. At the conclusion there are necessary calculations carried out, at first internal ballistics of values for .22 Long Rifle cal., followed by firearm functions. Mechanisms of conceptual design are also evaluated concerning high accuracy of fire achievements.

OBSAH:

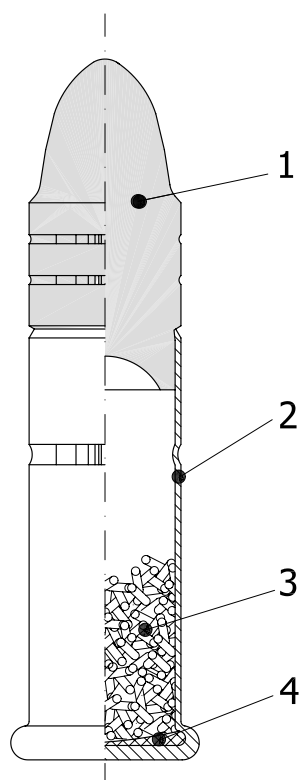
1.	ÚVOD	9
2.	PŘEHLED NÁBOJŮ	10
3.	PŘEHLED SAMONABÍJECÍCH MALORÁŽEK	12
4.	POUŽÍVANÉ KONSTRUKČNÍ PRINCIPY	23
4.1.	Uložení hlavně	23
4.2.	Uzamčení a pohon automatiky	23
4.3.	Odpalovací, spoušťová a pojistná ústrojí.....	25
4.3.1.	Odpalovací ústrojí	25
4.3.2.	Mechanická odpalovací ústrojí.....	26
4.3.3.	Spoušťová ústrojí	27
4.4.	Podávací mechanismy.....	29
4.5.	Vytahovače a vyhazovače.....	31
4.6.	Pažby.....	32
5.	CELKOVÁ KONCEPCE PRO IDEOVÝ NÁVRH, VLASTNÍ NÁZOR NA KONSTRUKCI ZBRANĚ.....	33
5.1.	Uložení hlavně	33
5.2.	Závěr	34
5.3.	Vytahovače a vyhazovače.....	36
5.4.	Odpalovací ústrojí.....	36
5.5.	Bicí pružina.....	36
5.6.	Spoušťový mechanismus	37
5.7.	Podávání.....	38
5.8.	Mechanismus střelecké pohotovosti, záchyt závěru	39
5.9.	Pažba	39
6.	VÝPOČET POTŘEBNÝCH VNITROBALISTICKÝCH VELIČIN A NÁVRH HLAVNĚ V RÁŽI 22 LONG RIFLE.....	40
6.1.	Pojem vnitřní balistika	40
6.2.	Průběh výstřelu	40
6.3.	Parametry vnitřní balistiky.....	41
6.4.	Vnitrobalistický projekt hlavně	43
6.5.	Grafické zpracování výsledkových hodnot.....	46

6.6.	Návrh hlavně.....	47
7.	VÝPOČTY FUNKCE ZBRANĚ.....	49
7.1.	Výpočet bicího mechanismu.....	49
7.2.	Funkční cyklus	52
7.3.	Zásobovací ústrojí.....	58
8.	ZHODNOCENÍ VHODNOSTI ŘEŠENÍ MECHANISMŮ A SOUČÁSTÍ Z HLEDISKA DOSAŽENÍ VYSOKÉ PŘESNOSTI STŘELBY	59
9.	ZÁVĚR	60
10.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	61
11.	PŘÍLOHY	62

1. Úvod

Malorážka je dlouhá kulová palná zbraň s drážkovaným vývrtem hlavně, určená ke střelbě náboji s okrajovým zápalem. Název „Střelivo s okrajovým zápalem“ vyplývá z podstaty jeho funkce - k iniciaci zápalky dochází úderem zápalníku na okraj nábojnice, ve které je zalaborována zápalková slož. Tento typ zápalu se dnes používá pouze u střeliva malých ráží, zejména tedy malorážek a flobertek, které mají relativně malý balistický výkon.

Historie uvedeného zápalu se vztahuje k patentu z roku 1831, který se později rozvinul vznikem náboje Flobert .22BB Cap (Bulleted Breech Cap) v roce 1845. Další náboj .22Short byl vyvinut pro revolver Smith & Wesson Model 1 v roce 1857. Současné malorážkové náboje vznikaly až ve druhé polovině 19 století. Nejpoužívanější z nich je náboj .22 LR (Long rifle). Nejznámější výrobci malorážkového střeliva jsou Aquila, Eley, Remington, Lapua, Winchester, CCI, Hornady, Fiocchi, Federal, Sellier & Bellot, RWS a další.



Obr. 1.1 [3] Malorážkový náboj 22 Long Rifle

1 - homogenní olověná střela 2 - nábojnice,
3 - výmetná náplň, 4 - zápalková slož

2. Přehled nábojů

- .22 Short
Náboj byl vyvinut již v roce 1857 viz historie. Původně byl plněn černým prachem.
- .22 Long Rifle (.22 LR)
Nejrozšířenější malorážkový náboj. Existuje velké množství variant tohoto náboje. Většinou se dělí do 4 skupin:

subsonické - (podzvukové) s rychlostí menší než je rychlost zvuku.

standardní - cca 350m/s

high velocity - (HV) (vysokorychlostní) mají větší úst'ovou rychlost než standardní a tím pádem i větší energii. Jejich střela je často o trochu lehčí než u standardního typu. Je vhodné tuto variantu používat pouze u zbraní, které jsou k tomu určené, jinak se snižuje její životnost.

high velocity - (nebo také ultra-velocity) viz předchozí, ale více. 425-550m/s.

Úst'ové rychlosti jsou velmi závislé na mnoha faktorech. Zejména to je délka hlavně. Výše uvedené rychlosti jsou „typické“ rychlosti.

- .22 Winchester Magnum Rimfire (.22 WMR)
Jako jediný úspěšný náboj s okrajovým zápalem minulého století byl uveden na trh v padesátých letech firmou Winchester. Oproti .22LR má větší délku, průměr a tloušťku stěny nábojnice. Díky tomu dosahuje vyšších tlaků a tím pádem i vyšších rychlostí a energie.
- .17 Hornady Magnum Rimfire (.17 HMR)
Tento náboj byl uveden na trh v roce 2002 firmou Hornady. Byl vyvinut z ráže .22WMR zúžením střely na .17 (4,5mm). Díky tomu (méně hmotná střela) dosahuje vyšších rychlostí a má velmi plochou dráhu letu. Je považován za nejpřesnější náboj s okrajovým zápalem. Střela bývá obvykle typu HP (hollow point) tedy expanzivní nekrytá, nebo JHP (jacketed hollow point) tedy expanzivní krytá.

- .17 Hornady Mach 2 (.17 HM2),

Na trh byl uveden v roce 2004. Byl vyvinut z ráže .22LR z podobných důvodů jako .17HMR od které má převzatý i tvar střely. Oproti standardní .22LR má cca o polovinu lehčí střelu z čehož plyne podstatně vyšší rychlost a plošší dráha střely.

- 5 mm Remington Rimfire Magnum

Tento velmi málo úspěšný náboj byl na trh uveden v roce 1970 firmou Remington. Má větší průměr nábojnice než .22WMR ale menší průměr střely. Dosahuje tedy vyšší energie než zmíněný .22WMR. Důvod jeho neúspěchu je patrně právě díky většímu průměru nábojnice, což má za následek špatnou unifikovatelnost zásobníků pro tyto náboje (.17HMR, .22WMR, .5mmRRM).



Obr. 2.1[9] Tvary nábojů

Tab. 2.1. Srovnávací tabulka malorážkových nábojů

Náboj	.22Short	.22LR	.22WMR	.17HM2	.17HMR	5mmRRM
Průměr střely (mm)	5,7	5,7	5,7	4,4	4,4	5,2
Délka nábojnice (mm)	10,7	15	26,7	18,1	26,9	25,9
Délka náboje (mm)	17,4	25	34	25	34,3	-
Hmotnost střely (g)	1,7-3,2	1,9-2,6	1,9-3,2	1,1	1,1-1,3	2,5
Rychlost střely (m/s)	250-355	310-550	500-670	640	720-780	640
Energie střely (J)	60-190	141-277	410-439	225	332-340	504

3. Přehled samonabíjecích malorážek

Na současném trhu je k dispozici celá řada těchto zbraní. Některé mají čistě vojenský, případně futuristický vzhled, většina z vojenských je přímo kopií některé známé vojenské zbraně. Buď útočné pušky, nebo samopalů. Jiné zbraně mají civilní charakter a jsou vyložené lovecké. Existují však takové, kde jsou systém a veškeré mechanismy stejné a po změně pažby dochází k zásadní změně charakteru celé zbraně. Z legislativního hlediska patří drtivá většina samonabíjecích malorážek do skupiny B.

WALTHER COLT M16

Samonabíjecí malorážková karabina německé produkce (Carl Walther). Je to kopie legendární zbraně Colt M16. Na trhu je ještě jedna varianta této zbraně. Má označení SPR (Special Purpose Rifle). Liší se absencí horní rukojeti a klasické plastové předpažbí je nahrazeno mohutným duralovým, na němž jsou ze čtyř stran lišty Picatiny rail (MIL-STD-1913 popřípadě STANAG 2324). Tyto lišty slouží k uchycení různého příslušenství například taktické svítilny, laserové a optické zaměřovače, kolimátory atd. Díky tomu je její hmotnost vyšší (3,11 kg). Povrchová úprava černění, pažba pevná. Mířidla průhledová, výškově a stranově stavitelná.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR	539	1010/230/65	2,83	10, 30



Obr. 3.1 Walther Colt M16

WALTHER COLT M4

Zkrácená verze předchozí malorážky se stavitelnou délkou pažby. K dispozici je také varianta SPR viz předchozí. Povrchová úprava černění, stavitelné plastové pažbení-pažba stavitelná. Podobnou zbraň, tedy kopii Colt M4 vyrábí také firma Smith & Wesson. Jedná se o M&P15-22. Mířidla průhledová-výškově a stranově stavitelná, možnost uchycení optického zaměřovače.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR	412	875/230/65	2,7	10, 30



Obr. 3.2 Walther Colt M4

WALTHER G22

Tato malorážka má zajímavé konstrukční řešení. Je v provedení Bullpup tzn. závěrové, bicí, podávací a část spoušťového ústrojí jsou uloženy za spouští v pažbě. Toto uspořádání dovoluje prodloužení hlavně při zachování celkové délky zbraně v porovnání se zbraní s klasickým uspořádáním, popřípadě zkrácení délky celé zbraně, jako je tomu

v tomto případě. Nevýhodou tohoto provedení je, že z něj nemohou střílet leváci právě z důvodu umístění napínací páky a výhozného okénka ve hřbetu pažby. Avšak zbraň je vyřešena takovým způsobem, že je možno sestavit levoruké provedení bez větších konstrukčních zásahů. Dalším zajímavým prvkem je možnost zasunutí druhého zásobníku do pažby. Zbraň má velmi nízký odpor spouště. V tomto případě jde o pouhých 12N. Kromě černého matného provedení může být zbraň dodávána v zeleném provedení, carbon provedení, nebo s digitální kamufláží. Na obrázku pod ústím hlavně je vidět odnímatelný laserový zaměřovač. Existuje také varianta s delší hlavní. Její délka je 630mm a celou zbraň prodlouží na 842mm. Pod botkou pažby se nachází odnímatelné vložky. Mohou být tloušťky 10 a 20mm a jejich kombinací je možné prodloužit pažbu až o 30mm tedy na 750 popř. na 872mm (u provedení s delší hlavní).

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR	508	720-750/220/55	2,7	10



Obr. 3.3 Walther G22

GSG 5

Samonabíjecí verzi vycházející ze samopalu Heckler & Koch MP5 vyrábí další německá firma, tentokrát German Sport Guns. Existuje v několika provedeních:

GSG 5 A základní verze s krátkou hlavní, tlumičem výšlehu na ústí hlavně a pevnou plastovou pažbou.

GSG 5 L základní verze, která má na ústí hlavně místo tlumiče výšlehu namontovánu atrapu tlumiče hluku, přičemž u GSG-5 prochází hlaveň atrapou tlumiče až k jeho ústí.

GSG 5 P bez pažby, pouze se záslepkou zadní části.

GSG 5 PK s kratší hlavní a zkráceným plastovým předpažbím, s možností výběru předpažbí s rukojetí nebo s rukojetí a lištou weaver, rovněž bez pažby. K této variantě jsou i zkrácené zásobníky.

GSG-5 SD s integrovaným tlumičem hluku.

K dispozici je velké množství příslušenství. Například pažba zasouvací, skládací nebo i ve stylu M4. Dále jsou to různé montáže optiky, předpažbí s lištami, držáky svítilny, laseru atp.

Povrchová úprava u všech variant je černění. Pažbení u základní verze je plastové (pevná pažba-viz obrázek). Hledí otočné, stranově stavitelné.

Model	GSG-5 A	GSG-5 L	GSG-5 P	GSG-5 PK	GSG-5 SD
Ráže	.22LR HV	.22LR HV	.22LR HV	.22LR HV	.22LR HV
Délka zbraně (mm)	714	855	474	388	855
Výška zbraně (mm)	207	207	207	207	207
Šířka zbraně (mm)	53	53	53	53	53
Délka hlavně (mm)	230	414	230	119	414
Počet drážek	6	6	6	6	6
Hmotnost (kg)	2,9	3,06	2,675	2,3	3,28
Kapacita zásobníku	2 / 10 / 15 / 22				



Obr. 3.4 GSG-5 A

GSG AK 47 HV

Samonabíjecí malorážka, tvarem vycházející ze samopalu AK 47 Kalašnikov opět od firmy GSG viz výše. Povrchová úprava kovových dílů je černěním. Zbraň může mít plastové pažbení (pevná pažba viz. obrázek) nebo dřevěné pažbení. Hledí je stavitelné.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR HV	448	927/255/71	3,2	2, 10, 15, 24



Obr. 3.5 GSG AK 47 HV

BAIKAL MP 161 K (Izhevsky Mekhanichesky zavod)

Jde o poměrně novou zbraň, která se objevila na trhu v roce 2006, nicméně na Německém veletrhu IWA v Norimberku byla představena již v roce 2000. Má stavitelnou botku a lícnici. Pažba je kompletně plastová a v úchopových místech je pogumovaná. Zadní mířidla jsou výškově a stranově stavitelná. Nechybí zde lišta weaver.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR/WMR/.17HMR	500	1000/170/70	2,6	9



Obr. 3.6 Baikal MP 161 K

NORINCO JW 14

Zbraň čínského výrobce, který je známý především kopírováním konkurenčních zbraní, Českou zbrojovku a.s. nevyjímá. Zatím však pokulhává kvalitou zpracování. Malorážka je v samonabíjecí verzi celopažbená (nadpažbí) s kováním (boční úchyty na řemen). Botka je plastová, mířidla jsou stavitelná, vojenského typu. Zbraň umožňuje použití optiky s násuvnou montáží. Pažba je z bukového dřeva, kovové díly jsou černěné.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR	528	1020/-/-	2,8	10



Obr. 3.7 Norinco JW14

REMINGTON 597

Jako jedna z mála zbraní byla do nedávné doby na trhu ve třech nejpoužívanějších rážích, tedy .22LR, .22WMR a .17HMR. Nicméně zbraň v ráži .17HMR musela být stažena z prodeje zejména kvůli potížím s praskáním nábojnic. Tato problematika je spíše způsobena samotným nábojem, který není zcela vhodný pro použití ve zbraních s dynamickými závěry. Vyrábí se v několika variantách, kdy se mění pouze hlaveň (mířidla) nebo pažba, případně povrchová úprava kovových dílů. Ostatní funkční mechanismy jsou stejné. Tato zbraň je vybavena proti zneužití uzamykacím systémem spouštěvého mechanismu speciálním klíčem. Použití je pro lovecké účely nebo zábavnou střelbu. Závěrové pouzdro umožňuje upevnění násuvné montáže pro optiku. Zajímavostí u této zbraně je použití dvouřadého zásobníku s jednořadým vyústěním.

Model 597TM, základní model, černěný systém, reflexní stavitelná mířidla

Model 597TM Blaze Camo, kamufláž

Model 597TM FLX Camo, kamufláž

Model 597TM Pink Camo, kamufláž

Model 597TM SS, nerez hlaveň 508 mm

Model 597™ TVP™ Target-Varmint Plinker, bez mířidel, těžká nerez hlaveň 508mm

Model 597™ VTR, Varmint Target Rifle, pažba se stavitelnou délkou vojenského typu, hlaveň 406mm, lišta Picatiny

Model 597™ Chameleon, speciální plastová pažba

Model 597™ Magnum, základní model viz výše, ráže .22WMR, zásobník na 8 ran.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR /.22WMR	406, 508	863, 965/170/-	2,49	10 (8)



Obr. 3.8 Remington 597

REMINGTON MODEL 552 SPEEDMASTER

Tradiční samonabíjecí malorážka firmy Remington s dělenou pažbou typu Monte Carlo z ořechového dřeva. Funguje s náboji .22Short, .22Long, a .22Long Rifle. Kapacita nábojové schránky je závislá na použitém střelivu. Tato schránka tvaru dlouhé trubice je uložena pod hlavní.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22Short, Long, LR	533	1016/-/-	2,6	15, 17, 20



Obr. 3.9 Remington model 552 Speedmaster

F.LLI.PIETTA mod.PPS/50 .

Zbraň italského výrobce má díky děrované krytce hlavně vojenský vzhled. Ke zbrani je možno kromě klasického krátkého nebo dlouhého zásobníku ještě dokoupit 50 ranný bubnový. Pažba je z bukového dřeva, může být však také plastová a dodá zbrani jednoznačný vojenský vzhled, zejména kvůli stavitelné délce a také díky Picatiny liště pod předpažbím. Viditelné části jsou pískovány a černěny. Na Americkém trhu se může prodávat pod názvem Puma.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR	406	851/-/-	2,72	10,30,50



Obr. 3.10 F.LLI.Pietta mod.PPS/50

TOZ-99 (Tulsky Oruzheiny Zavod)

Zbraň může být dodávána ve standardním Evropském provedení s pažbou z bukového dřeva, nebo v Americkém provedení, kde má pažba rovný hřbet a je vyrobena ze dřeva ořechového.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR	536	980/200/60	2,4	5, 10



Obr. 3.11 TOZ-99

BROWNING SEMI-AUTO 22

Malorážka jednoho z nejstarších výrobců zbraní se vyznačuje zejména dělenou pažbou z ořechového dřeva a možností jednoduchého sejmutí hlavně bez speciálního nářadí. Na trhu se vyskytuje v několika modifikacích s označením Grade I až Grade IV.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR	489	940/203/63,5	2,4	12



Obr. 3.12 Browning semi-auto 22

RUGER 10/22

Zbraň známého Amerického výrobce Ruger je pravděpodobně nejprodávanější samonabíjecí malorážkou na světě. Prodává se v různých modifikacích, např. s plastovou pažbou nebo také ve zkrácené verzi. Firma Magnum Research ji přerážovala na .22WMR. Vyrábí se v několika variantách. Stejně jako u malorážek Remington, jsou funkční mechanismy stejné a mění se pouze pažba a hlaveň:

10/22™ Carbine

10/22™ Compact

10/22™ Sporter

10/22™ Target

10/22™ Target tactical

Na tuto zbraň existuje obrovské množství příslušenství. Různí výrobci také nabízejí modifikované díly od většiny součástí např. závěr, pouzdro závěru, pažbu, popřípadě celé podestavy, např. spoušťový mechanismus atp. Výsledkem je téměř nekonečné množství modifikací. Jedním z největších světových výrobců modifikovaných dílů pro Ruger 10/22 je firma Volquartsen.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22LR	470	940/-/-	2,27	10



Obr. 3.13 Ruger 10/22

MARLIN

Malorážka známé americké zbrojovky Marlin Firearms je na trhu ve dvou základních řadách. První z nich (6XX) je typ s trubkovým zásobníkem na 14 nábojů pod hlavní délky 482mm, druhá (7XX) je s klasickým jednořadým zásobníkem. Každá řada je ještě v několika modifikacích. Většinou se jedná o rozdílnou povrchovou úpravu kovových dílů a materiál pažby (plast, dřevo). Tvar pažby je u všech provedení typu Monte Carlo. Zvláštností těchto malorážek je nezvykle vysoký počet (16) drážek v hlavni.

Model 60 Základní provedení, černěný systém, dřevěná pažba

Model 60C Černěný systém, dřevěná pažba s kamufláží

Model 60SB Nerez provedení, dřevěná pažba

Model 60SN Černěný systém, plastová pažba. Možnost koupě s optickým zaměřovačem.

Model 60SS Nerez provedení, laminovaná pažba

Model 60S-CF Nerez provedení, plastová pažba se vzorkem skelného vlákna

Model 795, 795SS Délka hlavně 457mm

Model 70PSS Délka hlavně 413mm. Uchycení hlavně do pouzdra závěru pomocí převlečné matice. Kovové díly v niklovaném provedení. Plastová pažba bez předpažbí.



Obr. 3.14 Marlin Model 60

KMS 611

Jde o známou malorážku ZKM 611 ze Zbrojovky Brno, jejíž výrobu koupila firma PPK (Puškařství Pavel Kupec). Této firmě se podařilo snížit poměrně vysokou závadovost na únosnou mez. Pravděpodobně jedním z důvodů tohoto úspěchu bylo snížení kapacity zásobníku z původních osmi na pět nábojů. Zbraň má dělenou pažbu a stavitelné hledí.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
.22WMR	520	990/-/-	2,8	5



Obr. 3.15 KMS 611

CZ 512

Novinka roku 2010 z produkce nejznámějšího tuzemského výrobce Česká zbrojovka a.s. Jako jedna z mála zbraní je nabízena ve dvou rážích. Má dělenou pažbu z bukového dřeva a stavitelná mířidla.

Ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita zásobníku (nábojů)
22LR/22WMR	525	1000/200/57	2,7	5, 10



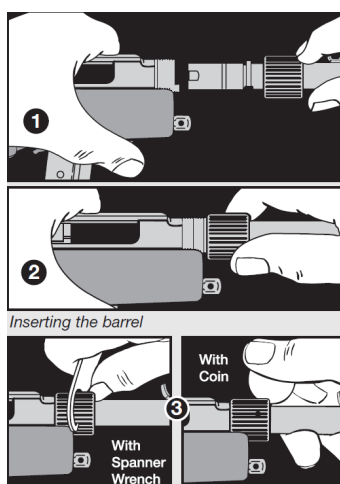
Obr. 3.16 CZ 512

4. Používané konstrukční principy

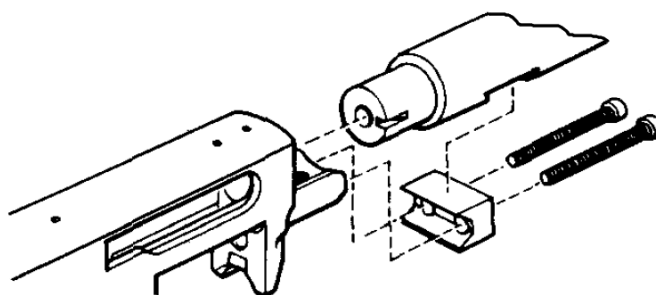
4.1. Uložení hlavně

Uložení hlavně do pouzdra závěru je u malorážek vždy pevné. Je provedeno zpravidla závitovým spojením v části poblíž jejich nábojové komory, kdy hlaveň je do pouzdra závěru přímo našroubována. Toto spojení je poté zajištěno proti nežádoucímu pootočení. Existují případy, kdy je hlaveň do pouzdra vsunuta a zajištěna pomocí klínu a šroubů. Hlaveň může být do pouzdra také nalisována a zajištěna kolíkem proti případnému posunutí. Dalším způsobem uložení je pomocí převlečné matice v čele pouzdra, která drží hlaveň za osazení.

Hlaveň může být také sešroubována do objímky. Správná poloha uložení hlavně může být zajištěna pomocí drážek nebo čepu.



Obr. 4.1 Marlin 70PSS Uložení hlavně pomocí převlečné matice



Obr. 4.2 Ruger 10/22 uložení hlavně

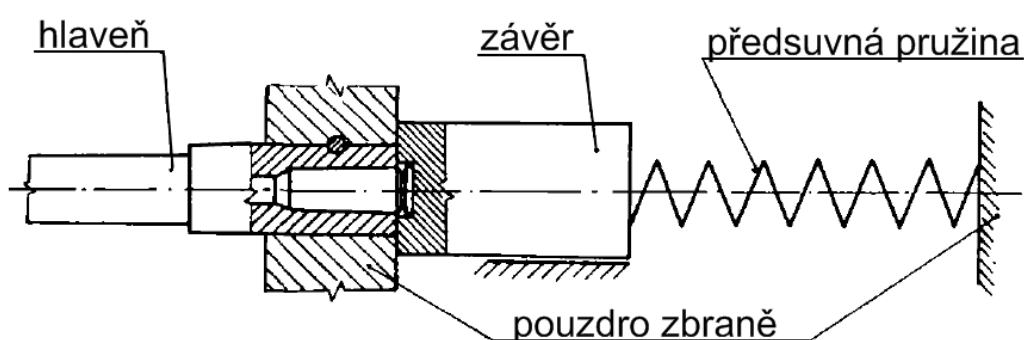
4.2. Uzamčení a pohon automatiky

Způsob spojení závěru s hlavní ovlivňuje pohon automatiky a souvisí s balistickým výkonem zbraně. U zbraní s menším balistickým výkonem není pevné spojení závěru

s hlavní nutné a závěr je poháněn přímo impulsem síly působící na dno nábojnice. Naopak u výkonných zbraní závěr pevně uzavírá vývrt hlavně a síla na dno nábojové komory je zachycena pevností spojení závěru s lůžkem v zadní části hlavně nebo v pouzdru závěru.

Tento závěr se nazývá uzamčeným a pohon automatiky (odsouvání závěru a nabíjení zbraně) se uskutečňuje jinou cestou než tlakem na dno nábojnice.

Jelikož všechny uvedené samonabíjecí malorážky bez výjimky používají neuzamčený systém - mají tedy dynamický závěr tzv. Blowback, ostatními (uzamčenými) systémy se nebudeme zabývat. Při funkci dynamického závěru odporují působící hnací síle pouze vlastní setrvačností, silou předsuvné (vratné) pružiny F , pasivními odpory a třením nábojnice v nábojové komoře.



Obr. 4.3 [1] Dynamický závěr

Síla tlaku prachových plynů působí na dno nábojnice a tím i na závěr, který se při překonávání výše zmíněných odporů pohybuje vzad [2]. Hmotnost závěru musí být stanovena tak, aby při výstřelu nedošlo k přetržení nábojnice nebo omezení funkce.

Při funkci dopadá na čelo hlavně přímo čelo závěru, do kterého je vyfrézované lůžko pro nábojnici. Pohyb závěru vpřed je zabezpečen pomocí jedné nebo dvou předsuvných (vratných) pružin.



Obr. 4.4 Čelo závěru s vyfrézovaným lůžkem pro nábojnici.

Vlevo Ruger 10/22, vpravo GSG 5

4.3. Odpalovací, spoušťová a pojistná ústrojí

Odpalovací (iniciační), spoušťová a pojistná ústrojí zabezpečují spolehlivou a včasnou iniciaci náboje, spolehlivé zahájení, přerušení a ukončení střelby a bezpečnost zbraně při střelbě a manipulaci [2]. Všechna ústrojí jsou úzce svázána se závěrovými mechanismy a někdy jsou i jejich nedílnou součástí. U zbraní s mechanickou iniciací lze poměrně snadno rozlišit a oddělit jednotlivé mechanismy, i když některé součástky častokrát mají více funkcí a mohou patřit k více mechanismům.

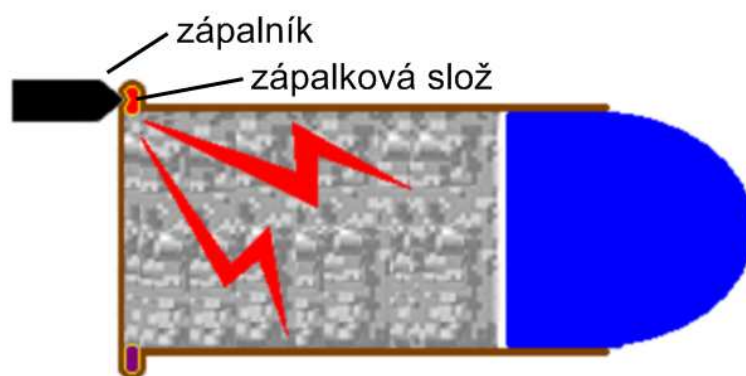
Konstrukce bicího, spoušťového a pojistného mechanismu má významný vliv na dobu zpoždění výstřelu, tj. časový interval od ukončení zamíření do okamžiku, kdy střela opustí ústí hlavně [2].

4.3.1. Odpalovací ústrojí

Odpalovací (iniciační) části bicího ústrojí jsou uloženy v pouzdru zbraně nebo závěrovém mechanismu a slouží k iniciaci prachové náplně. Podle druhu aktivační energie k iniciaci zápalky dělíme odpalovací ústrojí na [2]:

- Mechanické, iniciuje výstřel úderem zápalníku na zápalku
- Elektrické, iniciuje výstřel rozžhavením palníku v zápalce nebo jiskrovým obloukem. Toto je zabezpečeno propojením elektrického obvodu.

Samonabíjecí malorážky obsahují vždy mechanické odpalovací ústrojí.



Obr. 4.5 [14]. Mechanická iniciace zápalky u střeliva s okrajovým zápalcem

Základním požadavkem pro iniciační ústrojí je spolehlivost iniciace [2]. Pro mechanickou zápalku pak platí podmínka:

$$E_u = 1,5E_{ini}$$

Kde: E_{ini} – iniciační energie zápalky

E_u – je kinetická energie zápalníku (úderníku)

Jedná se zejména o zahrnutí účinnosti přenosu energie z bicí pružiny na zápalku [2]. Nemáme-li jinou hodnotu, můžeme při předběžném výpočtu volit iniciační energii E_{ini} pro okrajovou zápalku .22 Long rifle 0,25J. Předepsané závaží pro určení této energie je voleno tak, že je většinou splněna podmínka dopadové rychlosti úderníku i v reálné konstrukci. Pokud by však byla hmotnost úderníku a částí s ním spojených větší, je třeba dopadovou rychlost úderníku ve zbraní zohlednit.

Dalším požadavkem [2] je maximální životnost součástí bicího mechanismu dosahovaná vhodným materiálovým, tvarovým a polohovým řešením, zejména tvarem zápalníku a polohou úderníku nebo kladívka z důvodu nepříznivého rázového namáhání.

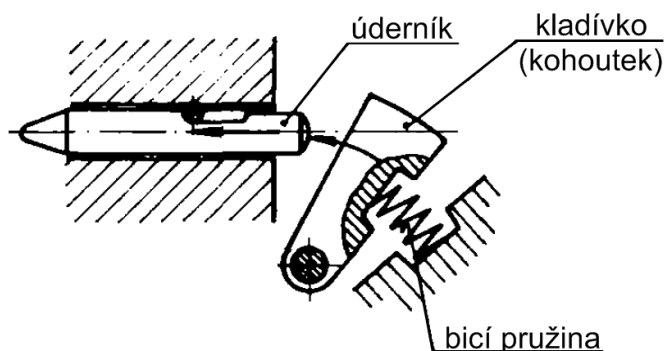
4.3.2. Mechanická odpalovací ústrojí

Mechanickou iniciaci u malorážových zbraní zajišťují bicí mechanismy [2]. Charakteristickou součástí těchto mechanismů je úderník se zápalníkem. U zbraní se středovým zápalem úderník narazí zápalníkem na zápalku uloženou ve dnu nábojnice, zápalková slož je stlačena mezi zápalníkem a kovádkou a vznítí se. Plamen prošlehne zátravkami do nábojnice a zažehne prachovou náplň. U zbraní s okrajovým zápalem narazí úderník zápalníkem na okraj nábojnice, ve které je zalaborována zápalková slož. Tato je stlačena mezi zápalníkem a čelem hlavně a dojde k jejímu vznícení. Plamen prošlehne přímo do nábojnice, kde zažehne prachovou náplň. energii pro iniciaci akumulujeme do bicí pružiny.

Podle způsobu dodání energie pro iniciaci zápalky dělíme bicí mechanismy do tří skupin:

- s vlastní bicí pružinou - (kohoutkové, úderníkové)
- bez vlastní bicí pružiny - aktivační energie pro iniciaci zápalky je dodána pružinou předsuvnou nebo hlavňovou
- bicí pružinu nahrazuje elektromagnet

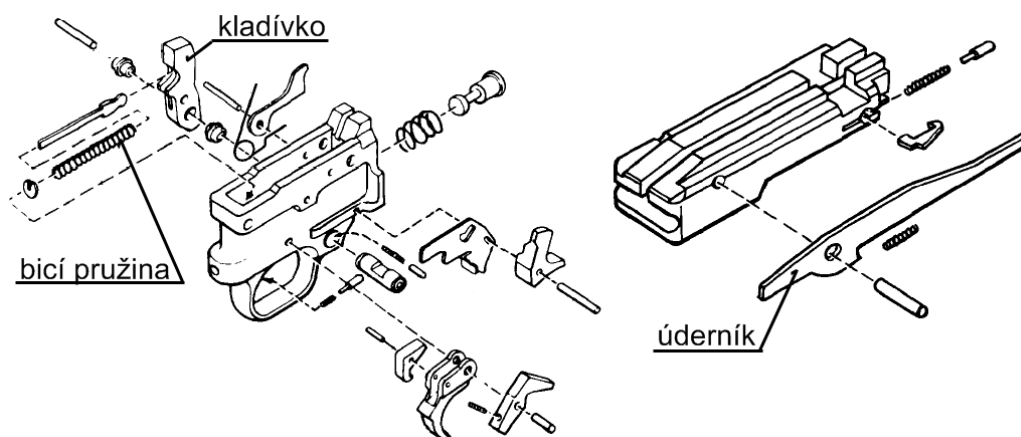
Bicí mechanismy všech výše uvedených malorážek mají vlastní bicí pružinu. U těchto mechanismů dochází k přenosu energie z bicí pružiny na úderník pomocí kladívka (kohoutku) s otočným pohybem. Pro úplnost, k přenosu této energie místo kladívka může sloužit přímo úderník s přímoběžným pohybem.



Obr 4.6 [6] Bicí mechanismus s otočným kohoutkem (kladívkem)

Klasickým příkladem kladívkových (kohoutkových) bicích mechanismů jsou historické bicí mechanismy lůžkových závěrů, často nazývané zámky [2]. Existuje řada zámkových soustav, použitých převážně u zbraní loveckých, sportovních, ale i u vojenských a policejních granátometů. Podle umístění tzv. zámkové desky je rozdělujeme na bicí mechanismy se zámky postranními a lůžkovými.

Bicí mechanismy s vlastní bicí pružinou a otočným kladívkem se používají mimo výše uvedených malorážek také u revolverů, pistolí, různých loveckých zbraní, některých opakováček a prakticky u všech automatických pušek střílejících z přední polohy. Kladívko s palečnickem pro ruční ovládání nazýváme kohoutek.



Obr. 4.7. Ruger 10/22 Bicí, spoušťové, pojistné a závěrové ústrojí

4.3.3. Spoušťová ústrojí

Konstrukce spoušťového ústrojí je vždy závislá na principu zbraně, druhu závěru a požadavcích, které má plnit v souvislosti se zahájením střelby, jejím řízením v průběhu dávky, ukončením střelby a bezpečným zajištěním zbraně po střelbě [2]. Spoušťové ústrojí

musí umožňovat spolehlivé držení bicího mechanismu v napnuté poloze, jeho uvolnění a případně i jeho napínání.

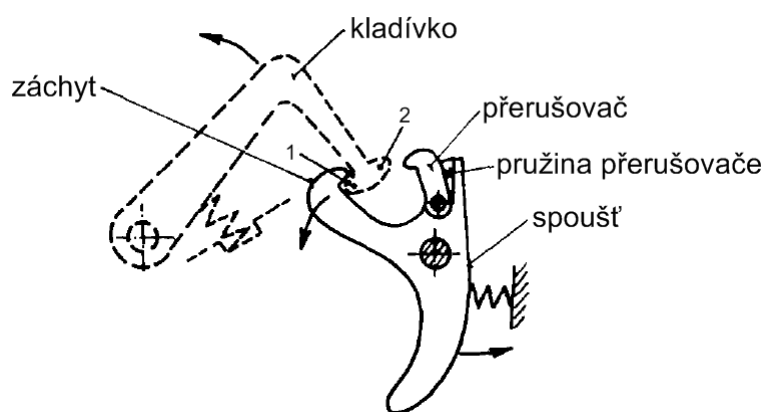
Konstrukci spoušťových mechanismů ovlivňuje řada požadavků, z nichž nejdůležitější jsou:

- druh střelby
- způsob napínání a uvolňování bicího mechanismu
- poloha závěru před spuštěním
- způsob ovládání spouště
- počet spouští – u loveckých a sportovních zbraní

Podle druhu střelby rozlišujeme zbraně střílející jednotlivými ranami v samonabíjecím režimu, pistole a samonabíjecí pušky nebo dávkami v automatickém režimu, převážně kulometry [2]. Většina malorážových automatických zbraní má možnost střílet jednotlivými ranami i dávkami (samopaly, automatické pušky, některé kulometry) a omezenými dávkami, zpravidla tři rány.

Pro střelbu jednotlivými ranami je třeba zachytit kladívko, úderník nebo závěr i v případě, že spoušť ještě není uvolněna. To zabezpečuje součást spoušťového mechanismu nazývaná přerušovač.

Při stisknutí spouště se její horní rameno (záchyť) vychýlí vpřed, čímž je kladívko vypuštěno. Spoušť zůstává stisknuta. Po odpálení je kohoutek působením závěru vrácen zpět, napne bicí pružinu a zachytí se ozubem za přerušovač. Aby střelec mohl znovu vystřelit, musí nejprve uvolnit spoušť. Tím se kohoutek uvolní z ozubu přerušovače a ozubem (1) se zachytí na záchyty. Tím jsou součásti spoušťového a bicího mechanismu opět v původní poloze a může dojít k dalšímu výstřelu.



Obr. 4.8 [7] Spoušťový mechanismus pro střelbu jednotlivými ranami



Obr. 4.9 [15] GSG 5 Spoušťový a část bicího mechanismu

4.4. Podávací mechanismy

Samonabíjecí malorážky mají více či méně složitý podávací (nabíjecí) cyklus, který se skládá z:

- přivedení náboje ke zbrani
- podání náboje do nábojiště
- zasunutí náboje do nábojové komory

Podle druhu přívodu nábojů k podávacímu ústrojí a podle zdroje energie pro činnost podávání rozlišujeme tři systémy:

- zásobníkový
- pásový
- dopravníkový

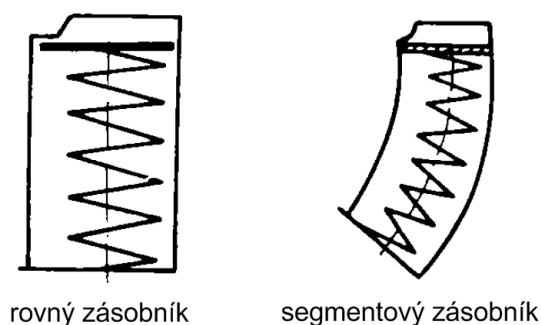
U běžně prodávaných samonabíjecích malorážek se vždy setkáme pouze s podáváním zásobníkovým (schránkovým). Existují však různé exempláře, zpravidla prototypy, kde se můžeme setkat s podáváním pásovým. S tímto systémem se dále nebudeme zabývat.

Podle uložení nábojů a tvaru rozeznáváme (schránky) zásobníky:

- skříňové
- bubnové (cívkové)
- diskové
- trubkové (trubicové, tubulární)

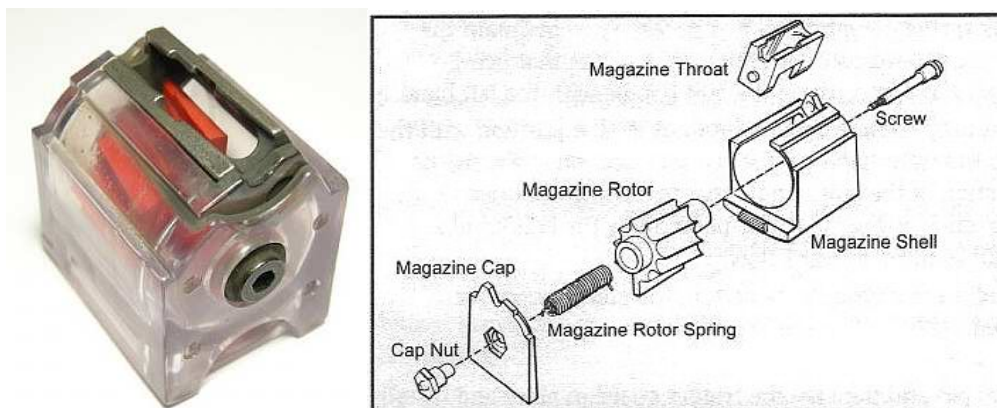
U zbraní uvedených v kapitole 3. se vyskytují skříňové, bubnové a trubkové zásobníky [2].

Skříňové zásobníky mohou být rovné a segmentové a podle počtu řad jednořadové nebo dvouřadové. Jelikož nábojnice malorážkových nábojů obsahují okraj, s dvouřadými zásobníky se zde setkáváme zřídka. Někteří výše uvedení výrobci a v podstatě všichni výrobci pistolí na náboj .22LR, musí konstrukčně řešit svůj zásobník tak, aby osy nábojů byly vychýleny mimo hlavní osu zbraně. Tedy aby se náboje dotýkaly v místě válcových částí nábojnic. Okraje jsou vlastně vychýleny dvouřadým způsobem.



Obr. 4.10 [1] Schémata skříňových zásobníků

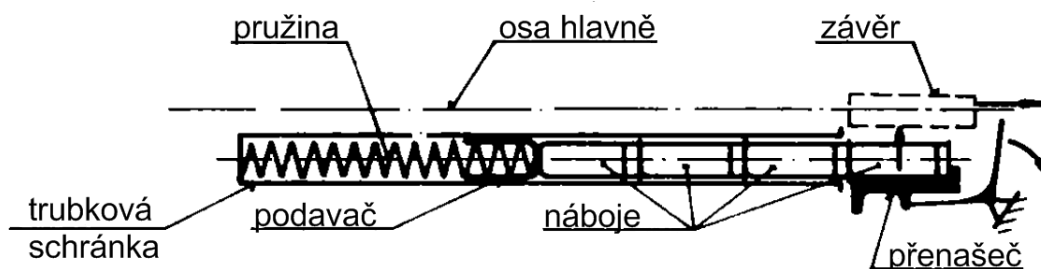
Malorážky Ruger a Pietta používají bubnové zásobníky, kde jsou náboje uspořádány tak, že jejich osy jsou přibližně rovnoběžné s osou bubnu a osa bubnu je přibližně rovnoběžná s osou hlavně. U malorážky Pietta jde o velkokapacitní zásobník (50ran).



Obr. 4.11 Bubnový zásobník malorážky Ruger 10/22 na 10 ran

Dalším typem použitým u malorážek je trubková schránka. Tento využívají zbraně Remington Speedmaster a Marlin řady 6. Schránka je uložena pod hlavní. Tvoří ji trubka, v níž jsou náboje uspořádány za sebou, a šroubová pružina je prostřednictvím podavače posouvá ve směru trubkové schránky. Schránka je doplněna výkyvným přenašečem, který

při funkci zbraně zvedne náboj podaný zásobníkem do nábojiště. Tento typ se mimo zmíněné užívá zejména u některých vojenských a policejních brokovnic.



Obr. 4.12 [3] Schéma trubkového zásobníku

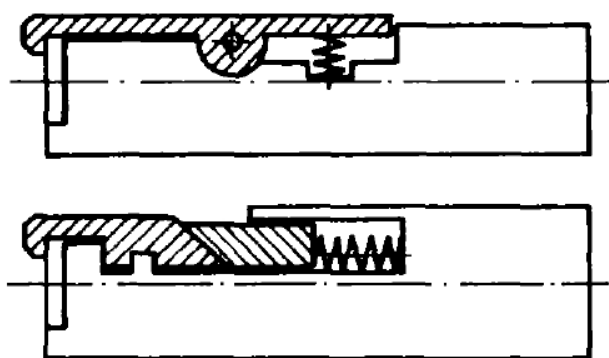
4.5. Vytahovače a vyhazovače

Vytahovač je u malorážky vždy přímo součástí závěrového mechanismu [2]. Slouží k vytažení prázdné nábojnice, případně nevystřeleného náboje z nábojové komory. Navíc je jeho úkolem udržet nábojnici v lůžku závěru až do jejího vyhození.

Podmínky činnosti vytahovacího mechanismu závisí především na síle potřebné k vytažení nábojnice z nábojové komory. Tato síla se může podstatně měnit v závislosti na druhu zbraně a závěrového mechanismu. Nesnáze při vytahování nábojnic se vysvětlují především tím, že v důsledku zbytkových deformací je nábojnice sevřena hlavní v nábojové komoře. Nábojnice se nejprve do vymezení vůle deformuje sama a teprve dále s hlavní. Hlaveň se po výstřelu vrací v pružné oblasti, ale nábojnice se deformuje, takže dojde k jejímu sevření.

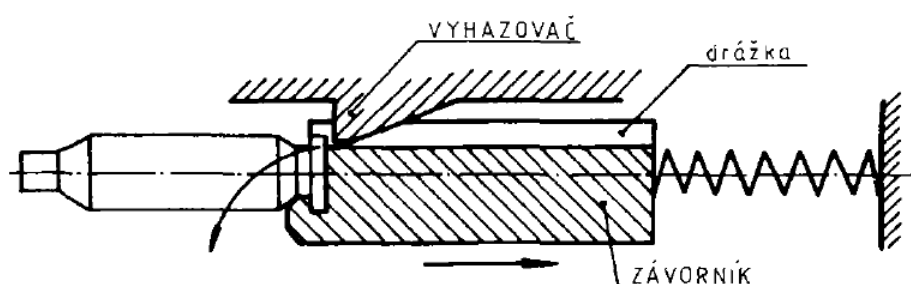
Nejdůležitější částí vytahovače je drápek [2]. Je značně namáhaný při vytahování a také při vyhazování nábojnice a proto musí být značně dimenzován. To je však omezeno tím, že vybrání na hlavni, do něhož zapadá přední část vytahovače, nemůže být příliš velké. Rozměry dráčku musí zaručit volné otáčení nábojnice při vyhazování.

Vytahovače se dělí na pevné a odpružené [2]. Pevné vytahovače jsou vypracované přímo na závorníku, ale u samonabíjecích malorážek se nepoužívají. Odpružené vytahovače se při přeskočení dráčku přes okraj nábojnice buď vykyvují, nebo posunují kolmo nebo šikmo k ose závorníku. Mohou být upevněné na čepu, nebo drženy na speciálním záchytu. Vytahovač upevněný na čepu je jednoduché konstrukce, ale vyžaduje dostatečně pevný čep, který odolá velkým silám vznikajícím při vytahování nábojnice.



Obr. 4.13 [3] Konstrukce odpružených vytahovačů

Po vytažení z nábojové komory musí být prázdná nábojnice nebo nevystřelený náboj odstraněn ze zbraně. K tomu slouží, s výjimkou některých zvláštních způsobů vyhození, vyhazovač. Vyhazovače mohou být uloženy buď v pouzdu zbraně (závěru) nebo přímo na závěru. Z důvodu své jednoduchosti je u samonabíjecích malorážek použit pevný vyhazovač uložený v pouzdu zbraně jako výstupek nebo páka, procházející výřezem závorníku



Obr. 4.14 [1] Pevný vyhazovač umístěný v pouzdu zbraně

4.6. Pažby

Pažba slouží k zamíření hlavně na cíl a přenesení impulsu výstřelu do ramene střelce [7]. Je v ní uložen tzv. systém zbraně a při odpovídajícím ergonomickém přizpůsobení střelci zajišťuje pohodlný manévry zbraně při střelbě a manipulaci. U kulových zbraní bývá pažba zhotovena z jednoho kusu tzv. jednotná pažba. Ta může být v provedení celopažbeném, u něhož nos pažby dosahuje až k ústí, nebo polopažbeném, kde předpažbí končí přibližně v polovině délky hlavně. Pažba sestává z předpažbí vpředu zakončeného nosem. V zadní části předpažbí přechází do krku zajišťujícího uchopení zbraně. Na krk navazuje hlaviště pažby. Horní část hlaviště pažby se nazývá hřbet. Ten je u

krku zakončen nosem a na druhé straně přechází v patu hlaviště, kterou se pažba zakládá do ramene. Ta je chráněna před poškozením botkou obvykle plastovou nebo pryžovou, opatřenou zdrsněním proti sklouznutí z ramene. Lovecké a sportovní zbraně nemývají nadpažbí kryjící shora hlaveň, neboť není nebezpečí nadměrného ohřátí hlavně střelbou.

U loveckých samonabíjecích malorážek se setkáváme především s jednotnou, nebo dělenou pažbou. U dělené pažby se její část, nacházející se pod hlavní nazývá předpažbí (stejně jak u jednotné pažby) a část, ve které je uloženo lůžko nazýváme hlaviště s krkem. Druhy materiálu pro výrobu pažeb jsou v zásadě dva:

- tvrdé dřevo, pro levnější zbraně bukové, pro dražší zbraně ořechové
- plast, zpravidla s příměsí skla

5. Celková koncepce pro ideový návrh, vlastní názor na konstrukci zbraně

5.1. Uložení hlavně

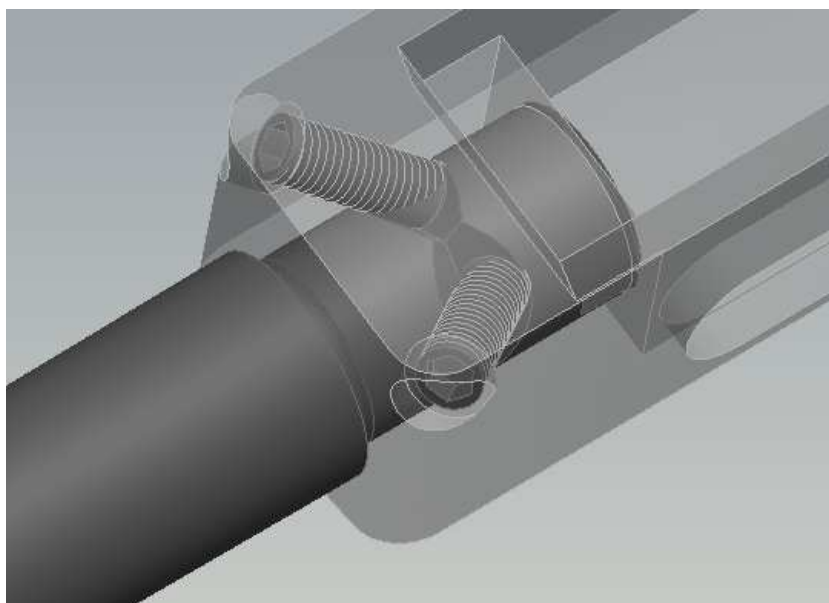
Uložení hlavně má u samonabíjecích malorážek (oproti opakovacím) výhodu, že není nutné tak přesně tolerovat osazení hlavně, o jehož čelo se zpravidla opírá v pouzdru závěru. Uzavírací rozměr, v případě ráže .22LR jde o $1,09+0,15\text{mm}$, je totiž dán pouze rozdílem čelní plochy závěru a plochy lůžka pro nábojnici.

V minulosti bylo téměř vždy využito závitů na osazení hlavně a závitů v pouzdru závěru. Hlaveň tedy byla do pouzdra našroubována. Toto řešení je poměrně jednoduché a dobře známé. Má ale nevýhodu zejména v nutnosti dodržet správný počátek závitů, jelikož je hlaveň do pouzdra našroubována až do pevného dosednutí čela osazení hlavně a čela závěru. Při špatném počátku závitů by mohlo dojít ke špatné radiální poloze hlavně a tedy špatné poloze pevných mířidel vzhledem ke svislé rovině zbraně a také špatné poloze drážky pro vytahovač, případně jiných drážek.

U lisovaných spojů je nutné dodržet malé tolerance připojovacích rozměrů, které je nutné brousit z důvodu vysokých nároků na přesnost a také na jakost povrchu. Po nalisování je spoj příčně svrtán a skolíkován proti případnému uvolnění zalisování. Takové spojení je však přibližně stejně výrobně náročné jako předchozí. Navíc tento spoj je řešen jako nerozebíratelný.

U malorážek všeobecně, je mnohem zajímavější použití rozebíratelných spojů, jelikož střelivo s okrajovým zápalem je relativně málo výkonné a z toho vyplývající nízké nároky na výrobu. Cenově jsou tedy konkurenceschopné a navíc umožňují případnou výměnu hlavně, například za jinou ráži, případně delší hlaveň, sportovní atp.

Pro spojení hlavně a lůžka bych použil konstrukční řešení, které jsem navrhl pro opakovací malorážku CZ455 a samonabíjecí malorážku CZ512 v České zbrojovce Uherský Brod. Toto řešení spočívá ve dvou dírách, které jsou vyvrtány pod úhlem 45° v podélném i příčném směru v pouzdru závěru. Díry jsou opatřeny závitem. Na osazení hlavně jsou příčně vyfrézovány dvě prizmatické drážky. Po nasunutí hlavně do pouzdra je tato upevněna pomocí dvou stavěcích šroubů v pouzdru a působících na stěny prizmatických drážek. Toto řešení není náročné na jakost povrchu ani rozměrů. Pouze je nutné pomocí jiného konstrukčního členu fixovat radiální polohu hlavně, zejména z důvodů popsaných v této kapitole, v odstavci pro závitové uložení hlavně.



Obr. 5.1 Upevnění hlavně v pouzdru závěru pomocí stavěcích šroubů

5.2. Závěr

U základního konstrukčního návrhu závěru pro samonabíjecí malorážku, s přihlédnutím na ekonomickou stránku, máme v podstatě k dispozici pouze jednu možnost. Jde o použití neuzamčeného dynamického závěru (tzv. Blowback). Jeho funkce je popsána v kapitole 4.2.

U závěru je zdaleka nejdůležitější jeho hmotnost, která do značné míry ovlivňuje funkci celé zbraně. Zde se nabízí dvě možnosti řešení:

a) Převážná část hmoty závěru umístěna pod hlavní. Tato část je spojena s funkční částí závěru pomocí ramen. Celý díl je však vyroben z jednoho kusu polotovaru. Velkou výhodou je zejména možnost maximálního zmenšení velikosti pouzdra závěru a tím pádem k razantnímu snížení jeho ceny. Pochopitelně dojde ke zmenšení celé zbraně. Vratné pružiny je možno umístit také pod hlaveň. Další velká výhoda tohoto řešení spočívá v podstatně jednodušší možnosti případného přerážování, jelikož náboje .22WMR, popř. 17HMR mají podstatně větší sílu od výstřelu a hmotnost závěru je tedy nutno zvýšit.

Toto konstrukční řešení má ovšem několik nevýhod:

- Komplikace spojené s přesným vedením dráhy závěru, kdy ke správné funkci zbraně je nutné, aby závěr neměl zbytečně velké stranové a výškové vůle.
- Impuls síly při výstřelu působí nad osu těžiště a způsobuje tak funkční problémy závěrového mechanismu.
- Při výrobě, zejména při tepelném zpracování dochází k deformacím bočních ramen. Technologičnost konstrukce je v tomto případě ohrožena.

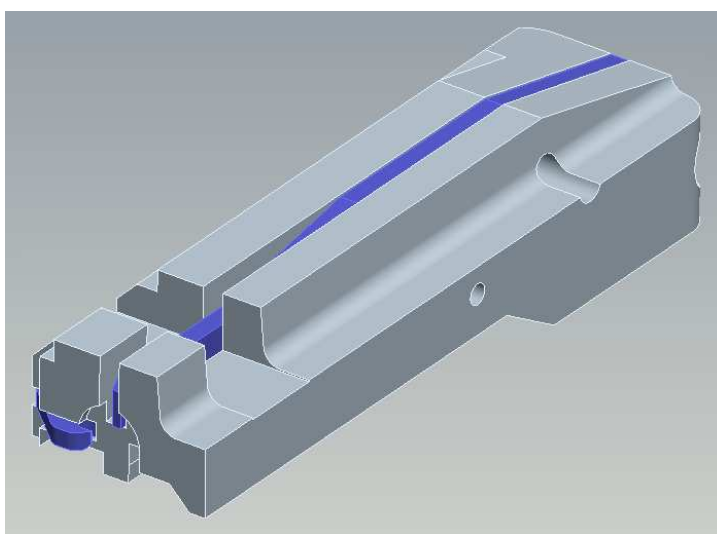
b) Veškerá hmota závěru je umístěna za nábojovou komorou v pouzdru závěru. Jeho výhodou je snadnější výroba, lepší kinematické vlastnosti, jak z hlediska působení sil, tak v přesnosti vedení jeho dráhy. Nevýhody ovšem spočívají v nutnosti větších rozměrů pouzdra závěru a tím i celé zbraně. Případné přerážování je v tomto případě možné pouze zvětšením měrné hmotnosti materiálu závěru. V praxi je k tomuto účelu použito materiálu z wolframových slitin, jehož polotovar se vyrábí pomocí práškové metalurgie. Z důvodu nemožnosti tepelného zpracování a vysoké pevnosti tohoto materiálu je snahou, aby se polotovar doobráběl co nejméně. Další problém je finanční, jelikož cena za polotovar je mnoho desítek EUR. Výhody a nevýhody tohoto způsobu jsou tedy přesně opačné oproti řešení předchozímu.

Pro návrh samonabíjecí malorážky volím možnost b). Při řešení závěrového uzlu bych kladl maximální důraz na jeho jednoduchost, aby bylo zabezpečeno případné přerážování nebo modularita zbraně i za cenu použití drahých materiálů ke zvětšení jeho hmotnosti. Důvodem je především ráže .22LR, která je v samonabíjecích malorážkách zcela primární a rozhodně nejprodávanější. Rozhoduje o tom zřejmě cena náboje, která je v případě standardních provedení nábojů zlomková oproti výkonnějším nábojům s okrajovým zápalem. Ostatní ráže, zejména .22WMR, je v podstatě okrajová (ale z daleka ne zanedbatelná) záležitost.

5.3. Vytahovače a vyhazovače

V samonabíjecích malorážkách jsou využívány především odpružené vytahovače. Jejich činnost je popsána v kapitole 4.5. Pro ideový návrh použijí také odpružený vytahovač upevněný na čepu. Vytahovač bude vyroben jako výstřižek z plechu o síle max. 2,5mm. Praxe ukazuje, že taková tloušťka je zcela dostačující pro použití u zbraní s okrajovým zápalem.

Vyhazovač bude vyroben stejným způsobem a ze stejného materiálu jako vytahovač. Ve zbrani bude upevněn buď v pouzdru závěru, kde může sloužit jako vedení při montáži hlavně, nebo může být umístěn na kolících ve spoušťovém mechanismu.



Obr. 5.2 Návrh závěru s úderníkem a vytahovačem

5.4. Odpalovací ústrojí

Pro svůj návrh použijí kladívkový bicí mechanismus s vlastní bicí pružinou. Jeho funkce je popsána v kapitole 4.3.1. Bicí pružina působí na kladívko, které úderem přenesou svou kinetickou energii pomocí úderníku na zápalku nábojnice. U samonabíjecích malorážek je to zdaleka nejpoužívanější způsob. Dilema v případě odpalovacího ústrojí způsobuje pouze určení typu bicí pružiny viz níže.

5.5. Bicí pružina

Princip funkce bicí pružiny je popsán v kapitole 4.3.2. U samonabíjecích a automatických zbraní je využíváno především dvou druhů bicích pružin - tlačných nebo zkrutných.

Zkrutná, případně dvojzkrutná pružina je jednoduchá na výrobu, nevyžaduje žádné další součásti. Je navlečena přímo na kolík bicího kladívka, na které působí. Při napínání kladívka a tedy stlačení zkrutné bicí pružiny však dochází k nárůstu momentu její síly. Tento moment je přes kladívko přenesen na závěr, který je tlačěn směrem nahoru a tím pádem dochází ve zvětšení třecích sil v závěrovém mechanismu. V důsledku tohoto nepříznivého vlivu je nutné klást větší důraz na opracování funkčních ploch a následné mazání.

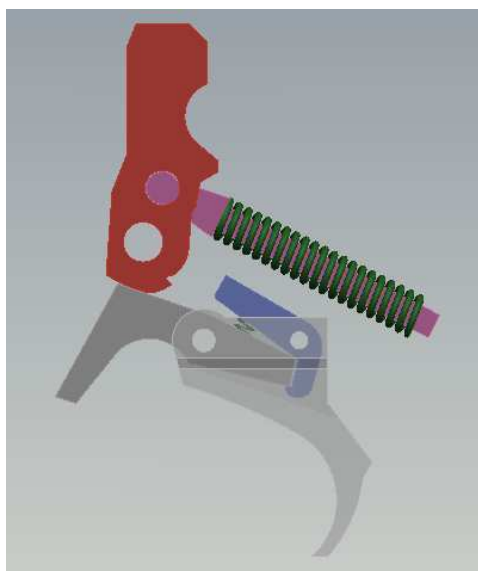
U tlačné pružiny nedochází k takovému nárůstu momentu na napínající se kladívko. V jistých situacích může dokonce vést k jeho snížení. Vše ale záleží na požadavcích na bicí mechanismus, zejména požadované energii kladívka, nutné ke správné iniciaci zápalky. Nevýhoda tohoto způsobu spočívá v přidání nejméně jedné součásti do bicího mechanismu. Jedná se o vedení této pružiny, na jehož konci je vypracovaný kruhový tvar. Tímto tvarem je vedení vloženo do kladívka. Druhý konec vedení je nutné fixovat ve dvou osách, ve třetí ose se vedení pohybuje. Tento stav je řešen buď použitím další součásti, nebo tvarovým uspořádáním pouzdra spoušťového mechanismu.

5.6. Spoušťový mechanismus

Spoušťový mechanismus bude konstruován s ohledem na jeho funkci. Ze zadání je možno vyčíst několik skutečností, důležitých pro návrh tohoto mechanismu:

- zbraň bude střílet jednotlivými ranami,
- napínání bicího mechanismu bude prováděno pomocí závěru manuálně, nebo automaticky pomocí síly od výstřelu,
- před spuštěním bude závěr vždy v přední poloze,
- manuální ovládání spouště bude vždy pouze směrem vzad (proti směru střelby), návrat spouště do přední polohy bude zajištěn pomocí pružiny. Spoušť nebude obsahovat žádné prvky, ke zmírnění odporu spouště (napínáček).
- mechanismus bude obsahovat jednu spoušť

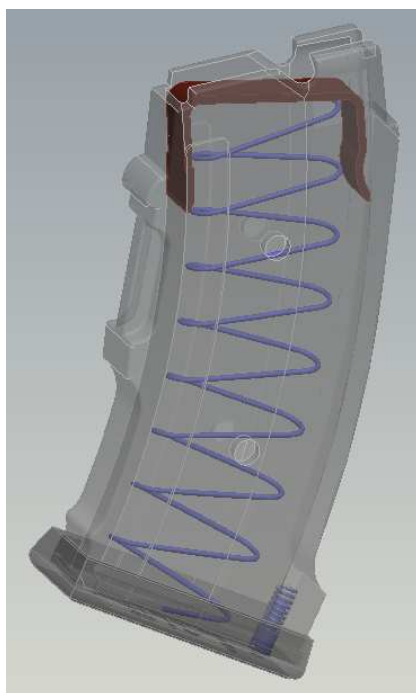
Ozub na spoušti přímo zachytí bicí kladívko. Na spoušti v drážce také bude umístěn pomocí kolíku přerušovač. Jeho ozub při stisknutí spoušti zachytí kladívko při napínání bicího mechanismu. Spoušťový mechanismus bude také obsahovat příčně ovládanou pojistku, která při zajištění bude blokovat spoušť. Tento způsob je výrobně jednoduchý a je velmi bezpečný.



Obr. 5.3 Návrh spoušťového a části bicího ústrojí

5.7. Podávání

Pro svůj návrh využiji klasického segmentového zásobníku. Jediná nevýhoda spočívá pouze v jeho větší délce při kapacitě zásobníku 8 a více ran. Hlavní devíza je jednoduchá konstrukce. Plášť zásobníku a podavač by byly řešeny jako plastové výstřiky. Podavač by zároveň mohl obsahovat výčnělek ovládající střeleckou pohotovost, v případě vysokokapacitních zásobníků také tlačítko k usnadnění stlačení podavače.



Obr. 5.4 Návrh desetiranného zásobníku

5.8. Mechanismus střelecké pohotovosti, záchyt závěru

Střelecká pohotovost je automaticky ovládaný záchyt závěru v zadní poloze. U většiny zbraní opatřených zásobníkovým podáváním slouží k ovládnutí záchytu podavač. V některých případech, zejména u zbraní střílejících ze zadní polohy, může přímo podavač fungovat jako záchyt. Střelecká pohotovost slouží zejména k upozornění střelce na vystřelení posledního náboje ze zásobníku. Ručně ovládaný záchyt závěru plní několik funkcí, např. usnadňuje odstranění zádržky, nebo zlepšuje ochlazování hlavně při jejím přehřátí, tzn. zabraňuje případnému samovznícení náboje. Do návrhu zbraně tedy zakomponuji střeleckou pohotovost s možností manuálního ovládnutí.

5.9. Pažba

Celková koncepce pažby je silně designovou záležitostí. Ať už je to typ pažby (jednotná, dělená), nebo použitý materiál (dřevo, plast), případně povrchová úprava, vždy jde o značně individuální hodnocení. Tvar pažby zcela zásadně ovlivňuje použití zbraně. Například sportovní pažba má ergonomické úchopy, případně levná buková pažba má jednoduchý tvar z důvodu snadné výroby. Z hlediska pozdější variability tvarů pažeb volím pro návrh jednotnou pažbu s jednoduchým tvarem, která bude vyrobena z bukového dřeva. V případě úspěchu zbraně na trhu by následovaly pažby jiné, např. sportovní, vojenská atp.



Obr. 5.5 Návrh tvaru pažby (vzor z ořechového dřeva)

Pohled na celkovou koncepci zbraně je uveden v příloze.

6. Výpočet potřebných vnitrobalistických veličin a návrh hlavně v ráži 22 Long Rifle

6.1. Pojem vnitřní balistika

Vnitřní balistika je věda zabývající se pohybem střely v hlavní zbraně [4]. V případě samonabíjecí malorážky, která spadá do skupiny palných zbraní, je u nich k urychlení střely využito tepelné energie uvolněné při výbušné přeměně (hoření) střeliviny. Taková zbraň patří mezi zařízení, která převádí tepelnou energii na energii silně stlačených plynů. Následně dojde k expanzi těchto plynů do okolního prostoru a vykonání mechanické práce. Dá se tedy nazvat tepelným pístovým motorem, které využívají látek v plynném stavu k vykonání mechanické práce. Hlavně palné zbraně patří k tepelným strojům s nejvyšší účinností. Jejich tepelná účinnost dosahuje 30% až 40%. Výstřel z uvedené zbraně je jedním z nejextrémnějších dějů klasické mechaniky, zejména z následujících důvodů:

- doba výstřelu probíhá v časech přibližně od 0,0005s až 0,01s
- pracovní tlak vyvinutých prachových plynů dosahuje hodnot několika set MPa, v případě malorážek až 205 MPa (ráže .22LR)
- na střelu působí zrychlení 10.000g až 300.000g (může být i vyšší)
- teplota vyvinutých prachových plynů se pohybuje v mezích 2000K až 3800K

6.2. Průběh výstřelu

Z fyzikálně chemického hlediska chápeme výstřel jako složitý proces téměř okamžité přeměny chemické energie střelného prachu v energii tepelnou, jejíž část je využita a přeměněna na kinetickou energii střely, tedy na mechanickou práci. Výstřel je doba od okamžiku iniciace výmetné náplně pomocí zápalky do okamžiku vyrovnání tlaku v hlavní s okolním tlakem. V této době dochází k různým jevům. Mezi nejdůležitější jevy, které mají rozhodující vliv na pohyb střely v hlavní, jsou:

- zážeh, vzplanutí a hoření výmetné náplně
- tvorba (vývin) prachových plynů
- expanze plynů
- postupný pohyb střely

Proces výstřelu z hlediska vnitřní balistiky rozdělujeme na základě uvedených nejdůležitějších jevů na tyto periody:

1. perioda. Doba od okamžiku iniciace zápalky a zážehu výmetné náplně do počátku pohybu střely. Dochází k zažehnutí, vzplanutí a počátku hoření prachové náplně v konstantním objemu. (pyrostatika)
2. perioda. Doba od počátku pohybu střely do okamžiku dohoření výmetné náplně. Dochází k zařiznutí vodicích částí a postupnému pohybu střely. Hoření náplně probíhá v proměnném objemu. (pyrodynamika)
3. perioda. Doba od dohoření výmetné náplně do okamžiku, kdy dno střely opustí ústí hlavně. Střela je urychlována tlakem expandujících prachových plynů.

Jako 4. periodu můžeme označit dobu, po které je střela po opuštění hlavně ještě urychlována vytékajícími plyny. Označuje se také jako perioda dodatečného účinku prachových plynů a jejím řešením se zabývá přechodová balistika.

6.3. Parametry vnitřní balistiky

Pro naše potřeby zúžíme obecný pojem zbraňového systému na hlaveň s nábojovou komorou, nábojku a střelu.

Takový systém je ve vnitřní balistice, využívající k výpočtům metodu prof. Sluchockého, charakterizován konstrukčními parametry a nabíjecími podmínkami, předpokládá znalost vlastností použité střeliviny.

Konstrukční parametry

Konstrukčnímu parametry nazýváme:

- d ráže zbraně. Ráže je průměr vývrtu hlavně mezi dvěma protilehlými poli.
- s plocha průřezu vývrtu hlavně
- k_s součinitel plochy průřezu vývrtu hlavně
- c_0 počáteční objem spalovacího prostoru
- l_{kom} délka spalovacího prostoru
- l_0 vztažná délka spalovacího prostoru
- l_u celková dráha dna střely v hlavni
- L_{hl} délka hlavně

Nabíjecí podmínky

Soubor nabíjecích podmínek tvoří tyto veličiny:

m hmotnost střely

ω hmotnost prachové náplně

Δ hustota prachové náplně

f měrná energie prachu [J.kg^{-1}]

α kovolum prachových plynů, tj. nejmenší možný objem hmotných částic při daném tlaku [$\text{m}^3.\text{kg}^{-1}$]

δ hustota prachové masy [kg.m^{-3}]

I_{tp} celkový impuls prachových plynů [Pa.s]

p_0 tlak na počátku pohybu střely [Pa]

Systém rovnic pro řešení metodou prof. Sluchockého:

Prof. Sluchocký sestavil pro řešení vnitrobalistických úloh systém rovnic, který umožňuje zjednodušit vlastní výpočet.

$$v = v_k \cdot z$$

$$\frac{dl}{l'+l} = \frac{jdz}{a(1+bz)}$$

$$p = \frac{az(1+bz)}{s(l'+l)}$$

$$\frac{dt}{dz} = \frac{I_{tp}}{p}$$

Kde:

v rychlost střely

v_k rychlost střely na konci hoření prachu

z poměrná shořelá tloušťka prachového zrna

l délka dráhy střely

l' střední hodnota redukované délky volného objemu spalovací komory

a, b geometrické charakteristiky prachového zrna

p tlak prachových plynů

s plocha průřezu vývrtu hlavně

t čas pohybu střely

I_{tp} celkový impuls tlaku prachových plynů

Pro řešení úlohy touto metodou však nemám dostatek vstupních informací, viz nabíjecí podmínky. Z těchto důvodů jsem použil pro vnitrobalistický výpočet software QuickLOAD. Tento program obsahuje vlastní databázi střel, nábojnic a prachů.

6.4. Vnitrobalistický projekt hlavně

Průběh tlaku u tohoto střeliva se liší podle různých variant a výrobců. Předepsaný je pouze maximální tlak, který bude využit při výpočtu. Pro vstupní parametry náboje a vývrtu byly použity následující hodnoty:

Název náboje	.22LR
Délka střely	12,2mm
Průměr střely	5,59mm
Hmotnost střely	2,6g
Délka náboje	25,4mm
Délka nábojnice	15,57mm
Průměr vývrtu v drážkách	5,58mm
Délka hlavně	500mm
Plocha průřezu vývrtu hlavně	24,06mm ²
Hmotnost prachové náplně	0,12g

Dále byl pro výpočet použit prach Lovex D-063, obsažený v databázi SW QuickLOAD, jehož parametry pro výpočet jsou podobné jako skutečně používaný prach Lovex D-010, a proto nebyly upraveny. Skutečný prach však může mít větší výbuchové teplo Q_v až 5000 [kJ.kg⁻¹]. Jako náhrada této skutečnosti byl při výpočtu zmenšen maximální objem spalovacího prostoru c_0 tak, aby bylo dosaženo přibližně maximálního tlaku. Získané vnitrobalistické veličiny jsou uvedeny v tabulce:

Průběh vnitrobalistických charakteristických veličin:

$l(\text{mm})$	$v(\text{m.s}^{-1})$	$p(\text{MPa})$	$t(\text{ms})$
0,000	0,0	10,00	0,0000
0,000	0,3	11,42	0,0012
0,002	0,6	13,29	0,0043
0,005	1,1	15,85	0,0080
0,011	1,8	19,39	0,0123
0,022	2,7	24,24	0,0171

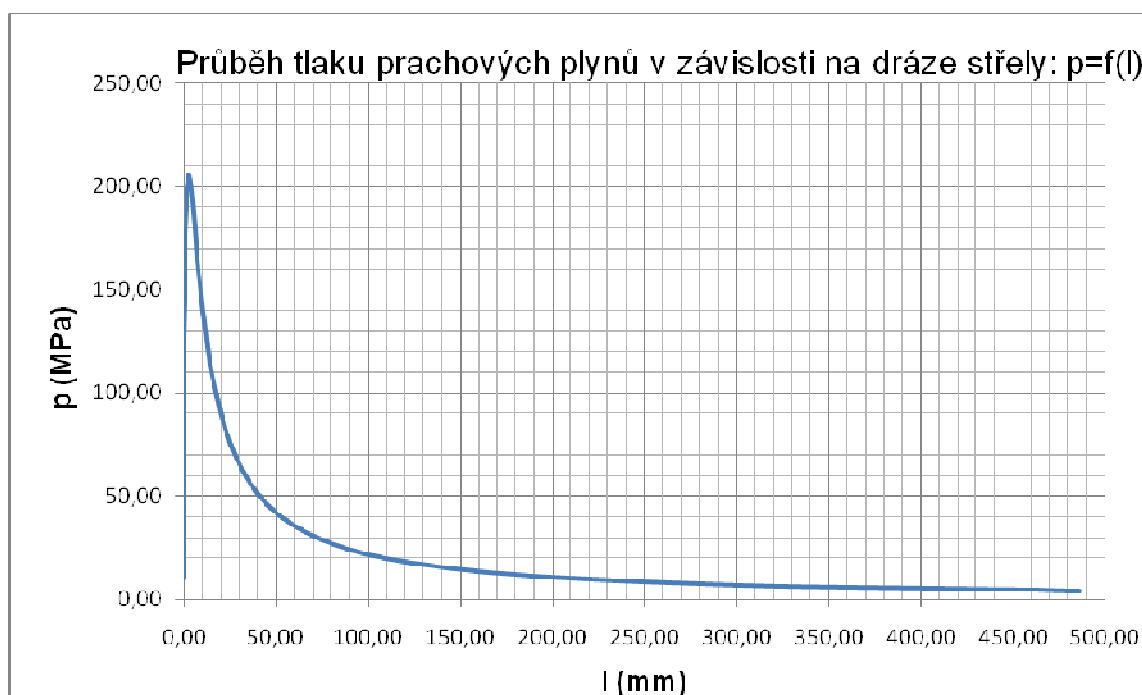
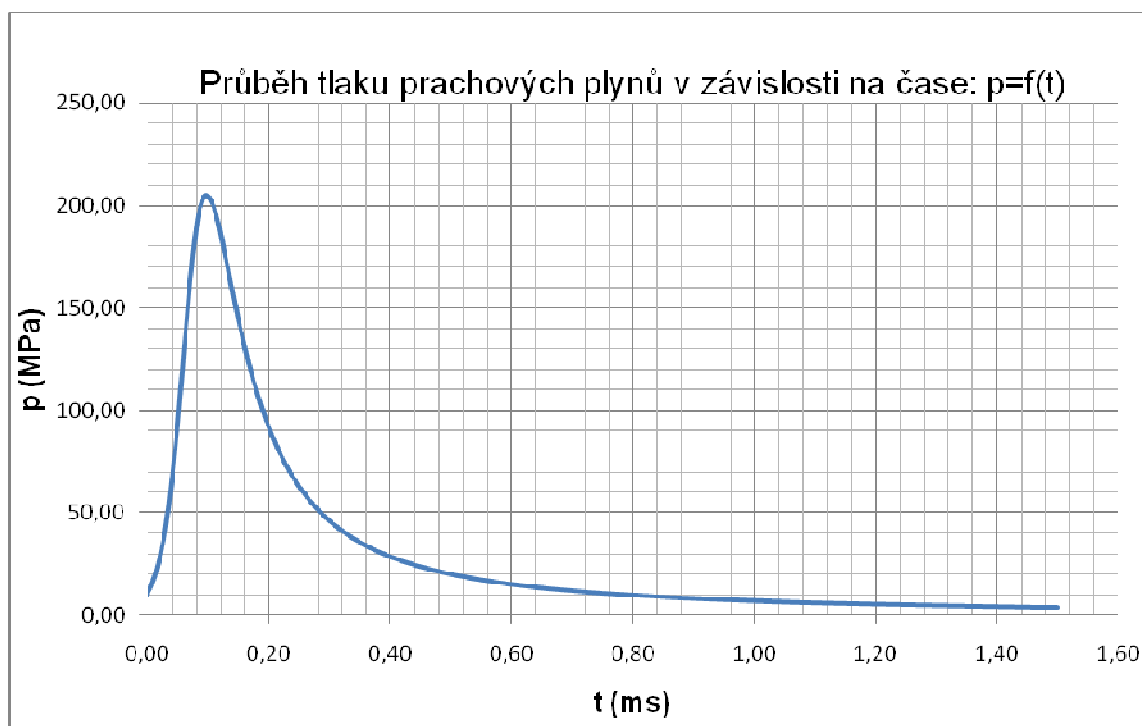
0,039	4,0	30,60	0,0223
0,065	5,6	38,76	0,0276
0,101	7,8	48,97	0,0331
0,151	10,5	61,31	0,0385
0,218	13,8	75,76	0,0440
0,304	17,9	92,05	0,0495
0,414	22,8	109,68	0,0549
0,551	28,5	127,94	0,0602
0,720	35,0	146,00	0,0656
0,925	42,3	162,89	0,0709
1,170	50,4	177,77	0,0762
1,462	59,2	189,93	0,0815
1,805	68,5	198,89	0,0869
1,805	68,5	198,90	0,0869
2,138	76,5	203,15	0,0914
2,315	80,5	204,37	0,0937
2,500	84,5	205,04	0,0959
2,596	86,5	205,18	0,0971
2,620	87,0	205,20	0,0973
2,644	87,5	205,20	0,0976
2,650	87,6	205,20	0,0977
2,656	87,7	205,21	0,0978
2,663	87,9	205,21	0,0978
3,524	103,8	201,70	0,1068
4,558	119,8	192,62	0,1161
5,809	135,8	179,68	0,1259
7,331	151,7	164,32	0,1364
9,195	167,7	147,65	0,1481
11,493	183,7	130,56	0,1612
14,348	199,6	113,71	0,1761
17,923	215,6	97,62	0,1933
22,438	231,6	82,62	0,2135
28,193	247,5	68,93	0,2375
35,601	263,5	56,69	0,2665

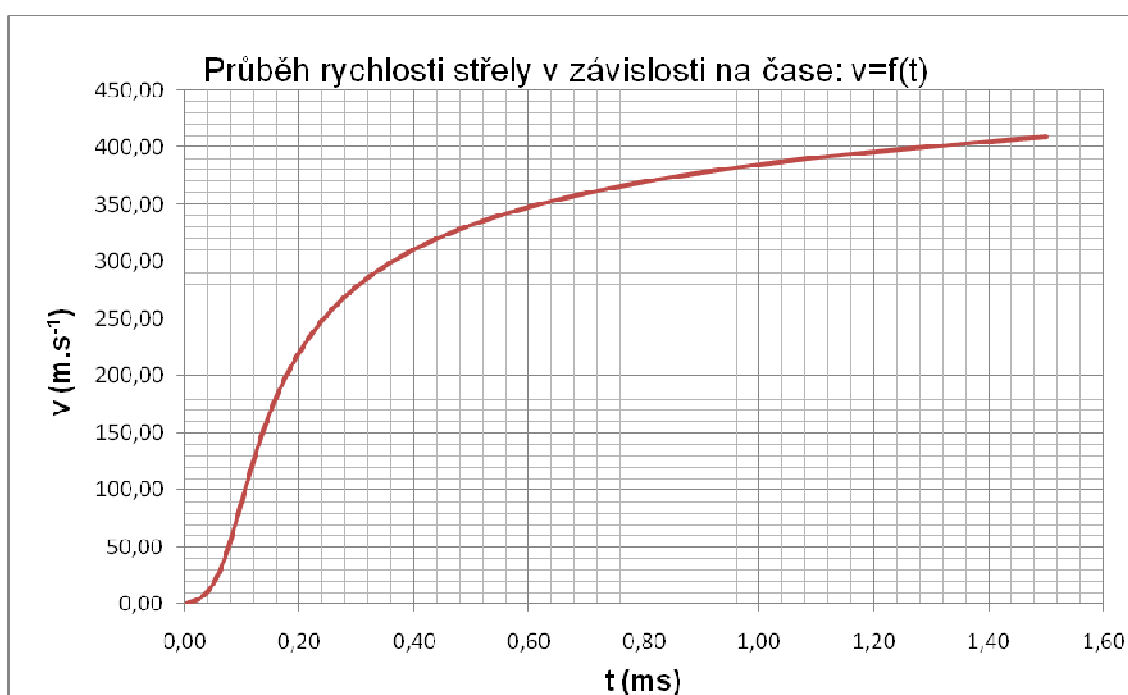
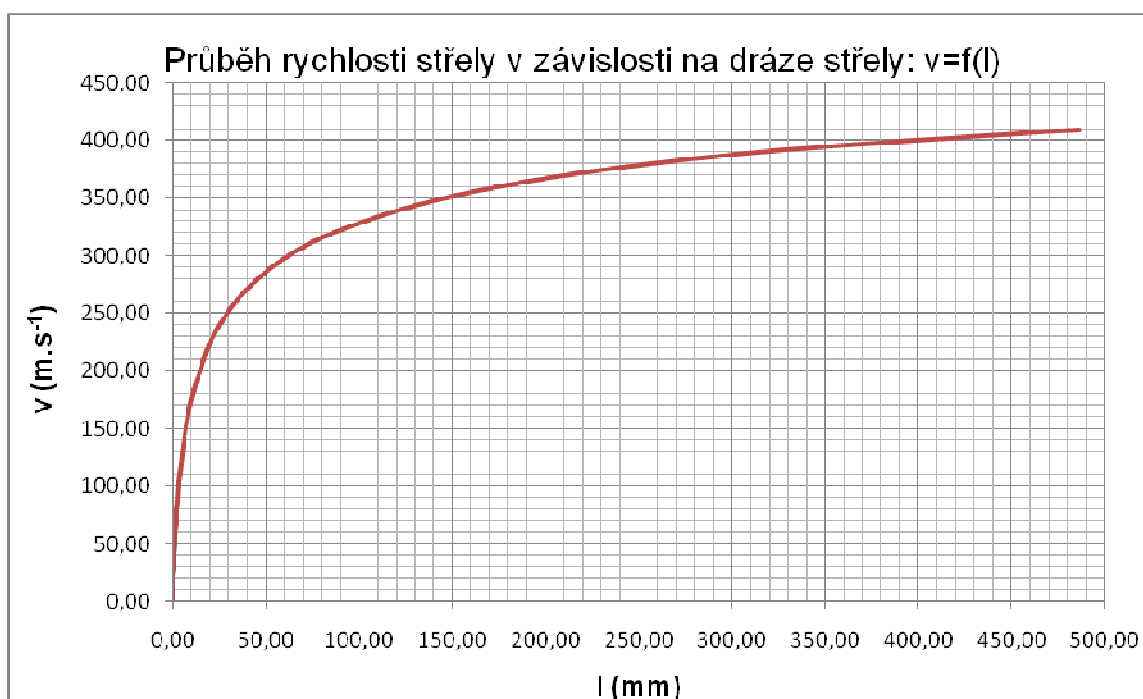
45,242	279,5	45,93	0,3020
57,935	295,4	36,65	0,3462
74,866	311,4	28,77	0,4020
97,770	327,4	22,19	0,4737
129,242	343,3	16,80	0,5676
173,241	359,3	12,46	0,6928
235,955	375,3	9,04	0,8635
327,304	391,2	6,40	1,1019
463,667	407,2	4,41	1,4435
485,090	409,2	4,20	1,4960
486,468	409,3	4,18	1,4993
486,640	409,3	4,18	1,4997
486,727	409,3	4,18	1,5000
486,770	409,3	4,18	1,5001
486,791	409,4	4,18	1,5001
486,802	409,4	4,18	1,5001

Kde:

$l(\text{mm})$	dráha střely v hlavni
$v(\text{m.s}^{-1})$	rychlost střely
$p(\text{MPa})$	tlak prachových plynů, balistický tlak
$t(\text{ms})$	čas, doba děje

6.5. Grafické zpracování výsledkových hodnot





6.6. Návrh hlavně

Pro návrh hlavně bylo použito předchozího výpočtu. Z průběhu tlaku spotřebního náboje p byl vypočten průběh tlaku tormentačního náboje p_t dle vzorce:

$$p_t = 1,3 \cdot p$$

a zároveň bylo posunuto místo maximálního tlaku směrem k ústí hlavně o 2 ráže. Následně byl vypočten průběh tlaku konstrukčního p_k dle:

$$p_k = k_b \cdot p_t$$

Kde:

k_b koeficient bezpečnosti. Jeho hodnota je proměnlivá, pro nábojovou komoru se pohybuje okolo 1,1 až 1,2, pro místo maximálního tlaku 1,2 až 1,4 a na ústí 2 až 3.

Tloušťka stěny hlavně v pružné oblasti

$$r_2 = r_1 \cdot \sqrt{\frac{\alpha + \sqrt{4\alpha - 3}}{\alpha - 3}}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_k^2}{p_k^2}$$

Kde:

r_1, r_2 vnější a vnitřní poloměry hlavně

σ_K mez kluzu materiálu. Pro navržený materiál je $\sigma_K = 390\text{MPa}$

Při pokusu o výpočet tloušťky stěny hlavně v pružné oblasti pomocí vzorců však došlo k situaci, kdy poměr α byl menší než 3. Tím pádem by hodnota pod odmocninou měla záporné číslo. Za těchto okolností nebylo možné pokračovat ve výpočtu v pružné oblasti. Využil jsem tedy provozní autofretáže, což je výpočet vedený v pružně-plastické oblasti. Uvedené výpočty jsou v zásadě stejné, avšak při výpočtu v pružně-plastické oblasti je využito součinitele autofretáže (koeficientu přizpůsobení) K_p (volím $K_p=1,5$), ke zvýšení meze kluzu na dovolené napětí σ_{DA} :

$$\sigma_{DA} = K_p \cdot \sigma_K$$

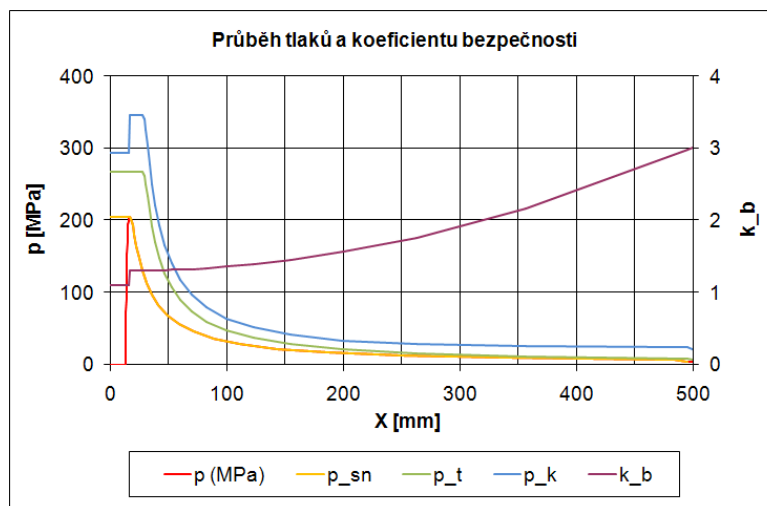
V případě použití provozní autofretáže vztahujeme dovolené napětí k tormentačnímu tlaku. Poměr α a výpočet tloušťky stěny budou:

$$\alpha_A = \frac{\sigma_{DA}^2}{p_t^2}$$

$$r_2 = r_1 \cdot \sqrt{\frac{\alpha_A + \sqrt{4\alpha_A - 3}}{\alpha_A - 3}}$$

Navržený materiál odpovídá materiálu, používaném pro výrobu malorážkových hlavní firmou Česká Zbrojovka a.s. v Uherském brodě. Jeho mez kluzu σ_K je v dodaném stavu 390MPa. Použity byly také rozměry vývrtu včetně komory. Upravena byla pouze délka hlavně, která je dostačující pro zbraně tohoto druhu.

Pomocí výše uvedeného byl vypočten průběh minimálního průměru hlavně, který je poměrně malý a hrozilo by poškození hlavně způsobené vnějšími vlivy. Z těchto důvodů si pro ideový návrh volím její rozměry dle své potřeby (uchycení hlavně do pouzdra závěru, upevnění mířidel na hlavěň).



Zvětšený graf je uveden v příloze.

7. Výpočty funkce zbraně

7.1. Výpočet bicího mechanismu

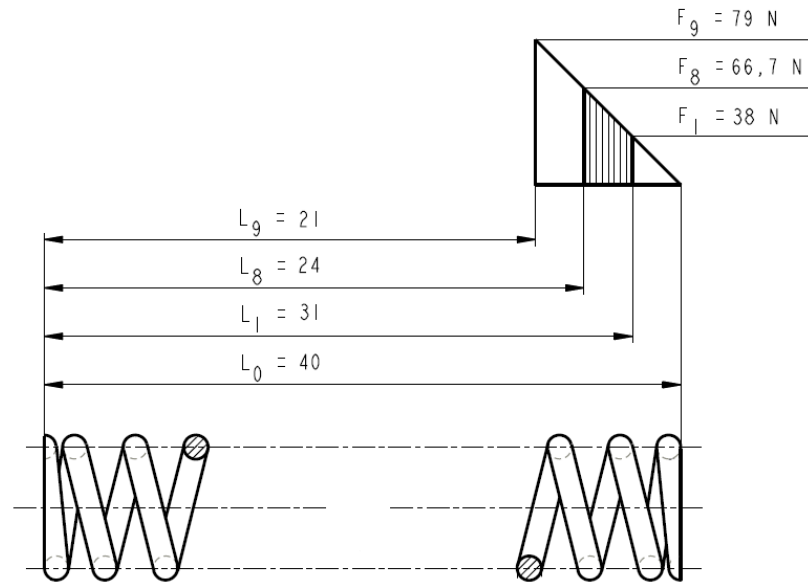
Pro návrh zbraně použiji kladívkový bicí mechanismus. Tyto se mohou vyskytnout ve dvou případech [6]:

- Po rázu na úderník je kladívko zachyceno a iniciaci zápalky provede pouze úderník
- Po rázu na úderník kladívko pokračuje v pohybu společně s úderníkem a iniciaci provádí společně

Zvolím si variantu č.2, která je blízká tzv. nepružnému rázu. Existuje možnost, že po prvním styku úderníku s kladívkem může dojít k jejich krátkému oddělení, nicméně k iniciaci dochází společně.

V softwaru Pro/Engineer jsem vytvořil 3D modely kladívka, bicí pružiny a umístil je v sestavě. Níže je proveden výpočet jejich energie, který je následně porovnán s energií potřebnou k iniciaci okrajové zápalky .22Long Rifle.

Za předpokladu rovnoměrně zrychleného pohybu se dají stanovit veličiny před rázem pomocí zjednodušeného výpočtu, který je doporučený normou ON 39 5021. Integrace pohybové rovnice výpočtu momentu bicí pružiny je v tomto případě nahrazena středním momentem bicí pružiny[6].



Obr. 7.1 Charakteristika navržené bicí pružiny

$$M_{stř} = \frac{F_1 r_1 + F_8 r_8}{2}$$

$$M_{stř} = \frac{38 \cdot 0,008 + 66,7 \cdot 0,0034}{2} = \underline{0,26539 Nm}$$

Kde:

$F_1 r_1$ síla předpětí bicí pružiny a velikost jejího ramene

$F_8 r_8$ síla bicí pružiny při napnutém kladívku a velikost jejího ramene

Střední úhlové zrychlení kladívka

$$\ddot{\varphi}_k = \frac{M_{stř}}{I_k}$$

$$\ddot{\varphi}_k = \frac{0,26539}{4,665 \cdot 10^{-6}} = \underline{56889,6 rad \cdot s^{-2}}$$

Kde:

I_k moment setrvačnosti kladívka k ose otáčení (vypočteno pomocí SW z 3D modelu)

Na základě předpokladu o rovnoměrně zrychleném pohybu kladívka je nutné stanovit **dobu pohybu kladívka t_k** .

$$t_k = \sqrt{\frac{2\varphi_k \cdot I_k}{M_{stř}}}$$

$$t_k = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,152 \cdot 4,665 \cdot 10^{-6}}{0,26539}} = \underline{0,006364s}$$

Kde:

φ_k úhel otočení kladívka z počáteční polohy do nárazu na úderník

Úhlová rychlost kladívka při dopadu na úderník (v okamžiku nárazu)

$$\omega_k = \ddot{\varphi}_k \cdot t_k$$

$$\omega_k = 56889,6 \cdot 0,006364 = \underline{362,045rad \cdot s^{-1}}$$

Tečná rychlost kladívka při dopadu na úderník

$$v_k = \omega_k \cdot r$$

$$v_k = 362,045 \cdot 0,0263 = \underline{9,52m \cdot s^{-1}}$$

Kde:

r poloměr otáčení bodu na kladívku v místě nárazu (změřeno z 3D modelu)

Redukce hmotnosti kladívka na hmotný bod v místě nárazu

$$m_k = \frac{I_k}{r^2}$$

$$m_k = \frac{4,665 \cdot 10^{-6}}{0,0263^2} = \underline{0,00674kg}$$

Výpočet společné rychlosti kladívka a úderníku

$$v_{úk} = \frac{m_k}{m_u + m_k} \cdot v_k$$

$$v_{úk} = \frac{0,00674}{0,00855 + 0,00674} \cdot 9,52 = \underline{4,2m \cdot s^{-1}}$$

kde:

m_u hmotnost úderníku (vypočteno pomocí SW z 3D modelu)

Výpočet kinetické energie kladívka a úderníku

$$E_{\dot{u}k} = \frac{1}{2}(m_{\dot{u}} + m_k) \cdot v_{\dot{u}k}^2$$

$$E_{\dot{u}k} = \frac{1}{2}(0,00855 + 0,00674) \cdot 4,2^2 = \underline{\underline{0,396J}}$$

Pro spolehlivou iniciaci zápalky musí platit podmínka:

$$E_{\dot{u}k} \geq 1,5 \cdot E_{ini}$$

$$0,396 \geq 1,5 \cdot 0,25$$

$$\underline{\underline{0,396 > 0,375}}$$

kde:

E_{ini} energie potřebná k iniciaci zápalky

Z uvedeného výsledku vyplývá, že energie kladívka s úderníkem je větší než energie potřebná k iniciaci zápalky. K iniciaci tedy dojde.

7.2. Funkční cyklus

U samonabíjecí malorážky dojde mezi dvěma po sobě jdoucími výstřely ke sledu několika funkčních činností. Po výstřelu dojde k otevření nábojové komory (NK), vytažení prázdné nábojnice a jejímu vyhození. Během této doby je zpravidla napínán bicí mechanismus. Jakmile dosáhne závěr zadní polohy, je tlačěn silou vratné pružiny směrem dopředu. Při tomto pohybu zasouvá nový náboj do NK z nábojiště, do kterého byl před tím podán zásobovacím ústrojím. Souhrn těchto činností se nazývá funkční cyklus zbraně. Při výstřelu z tohoto typu zbraně (samonabíjecí) tedy proběhne jeden funkční cyklus, po kterém je zbraň připravena k dalšímu výstřelu. Pro další výstřel je nutné znovu stisknout spoušť. Existují však i zbraně tzv. automatické, u kterých může docházet k opakování funkčních cyklů, dokud je stisknuta spoušť, případně má zbraň v zásobníku náboje. Takové zbraně tedy mohou střílet dávkami. Z legislativního hlediska ale nejsou dovoleny pro civilní použití a dále se jimi nebudu zabývat.

Přibližný výpočet funkčního diagramu

Funkční diagram je možné vypočítat nebo změřit na již existující zbraně.

U samonabíjecí zbraně je výpočet funkčního diagramu zaměřený pouze na prověření spolehlivosti funkce zbraně. To znamená, že se z výpočtu zjišťuje dostatečný přebytek

energie řešeného mechanismu pro spolehlivý průběh všech operací funkčního cyklu pro pohyb závěru vzad i vpřed.

Aby bylo zabezpečeno spolehlivé doběhnutí závěru do zadní polohy, musí být splněna podmínka: $E_{max} > E_I$

kde:

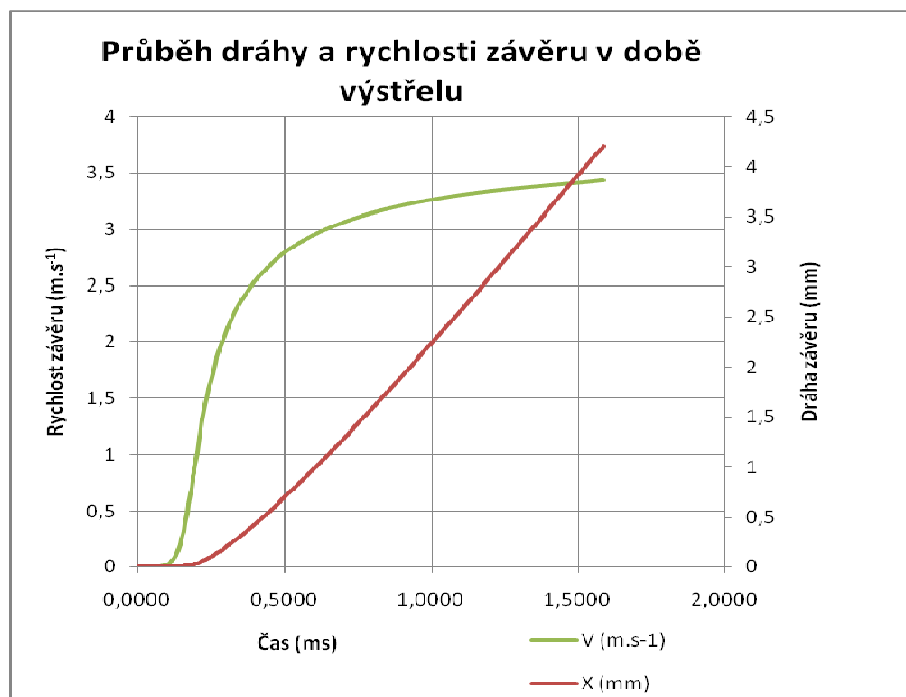
E_{max} maximální kinetická energie závěru při pohybu vzad (dodaná pohonem)

E_I energie odebraná závěru při jeho pohybu vzad (předsuvnou pružinou, bicím mechanismem při jeho napínání, vytažení a vyhození nábojnice, třením, atd..)

Nejdříve je třeba najít největší rychlost závěru, důležitou pro výpočet funkčního diagramu. Tuto jsem vypočítal numericky pomocí programu Excel. Při výpočtu jsem vycházel z výpočtu vnitřní balistiky, tedy z průběhu tlaku. Celý výpočet rychlosti je uveden v příloze. Maximální rychlost závěru V_{max} je $3,43\text{m.s}^{-1}$. Zbytek výpočtu je proveden energetickou metodou dle [8].

Činnost		Zdvih závěru [mm]
vzad	celkový zdvih	0●-----●40
	vytažení nábojnice	0●-----●35
	vyhození nábojnice	●35
	podání	35●-----●40
vpřed	podání	35●-----●40
	zasouvání	0●-----●35

Cyklogram



Vztah pro maximální energii

$$E_{\max} = \frac{1}{2} M_z \cdot V_{\max}^2$$

$$E_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 0,22 \cdot 3,43^2 = \underline{\underline{1,29 J}}$$

7.2.1. Výpočet funkčního diagramu pro pohyb závěru vzad

Ztráta energie třením závěru

$$E_t = M_z \cdot g \cdot f \cdot x$$

$$E_t = 0,22 \cdot 9,81 \cdot 0,2 \cdot 0,04 = \underline{\underline{0,0173 J}}$$

kde:

g gravitační zrychlení

f součinitel tření $f = 0,2$

x dráha závěru

Ztráta energie vlivem stlačení předsovné pružiny

$$E_{pp} = \frac{F_1 + F_8}{2} \cdot h$$

$$E_{pp} = \frac{14,2 + 27,1}{2} \cdot 0,04 = \underline{\underline{0,826 J}}$$

kde:

F_I síla na počátku stlačování bicí pružiny

F_8 síla stlačené bicí pružiny

h pracovní délka pružiny

Ztráta energie třením při napínání bicího mechanismu

Zde bylo opět využito středního momentu bicí pružiny $M_{stř}$, z něhož jsem vypočetl střední sílu $F_{stř}$, působící na závěr v průběhu jeho pohybu směrem vzad.

$$E_{ibm} = F_{stř} \cdot f \cdot x_f$$

$$E_{ibm} = 18,93 \cdot 0,2 \cdot 0,04 = \underline{0,15J}$$

kde:

$F_{stř}$ střední třecí síla bicí pružiny působící na závěr, $F_{stř} = 18,93N$

x_f délka hubice zásobníku

Energie závěru v zadní poloze

$$E_{vz} = E_{\max} - E_{pp} - E_{ibm} - E_t$$

$$E_{vz} = 1,29 - 0,826 - 0,15 - 0,0173 = \underline{0,3J}$$

kde:

E_{vz} koncová energie

E_{pp} energie předsuvné pružiny

E_{ibm} ztráta energie třením při napínání bicího mechanismu

E_t ztráta energie třením závěru

Rychlost závěru na konci pohybu vzad

$$V_{vz} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{vz}}{M_z}}$$

$$V_{vz} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{0,22}} = \underline{1,65m \cdot s^{-1}}$$

Střední rychlost závěru vzad

$$V_{stř-vz} = \frac{V_{\max} + V_{vz}}{2}$$

$$V_{stř-vz} = \frac{3,43 + 1,65}{2} = \underline{2,54m \cdot s^{-1}}$$

Čas pohybu závěru vzad

$$t_1 = \frac{s}{V_{stř-vz}}$$

$$t_1 = \frac{0,04}{2,54} = \underline{0,0157s}$$

kde:

 t_1 doba pohybu závěru vzad s dráha závěru**7.2.2. Výpočet funkčního diagramu pro pohyb závěru vpřed****Rychlost závěru po odrazu**

$$V_{odr} = V_{vz} \cdot \varepsilon$$

$$V_{odr} = 1,65 \cdot 0,4 = \underline{0,66m \cdot s^{-1}}$$

kde:

 ε součinitel restituce při rázu**Energie závěru po odrazu**

$$E_{odr} = \frac{1}{2} \cdot M_z \cdot V_{odr}^2$$

$$E_{odr} = \frac{1}{2} \cdot 0,22 \cdot 0,66^2 = \underline{0,048J}$$

Ztráta energie třením při vysouvání náboje ze zásobníku

$$E_{tzás} = F_{8zás} \cdot f \cdot x_f$$

$$E_{tzás} = 17 \cdot 0,2 \cdot 0,0072 = \underline{0,025J}$$

kde:

 $F_{8zás}$ síla pružiny zásobníku F_8 x_f délka hubice zásobníku

Ztráta akumulované energie u válcové pružiny se pohybuje okolo 5 až 20% [1]. Zvolím střední hodnotu 12,5% pro energii předsvuné pružiny. Tedy:

Práce předsvuné pružiny při pohybu závěru vpřed

$$E_{pp'} = E_{pp} - E_{pp} \cdot 0,125$$

$$E_{pp'} = 0,826 - 0,826 \cdot 0,125 = \underline{0,72J}$$

Energie závěru vpředu

$$E_{vp} = E_{odr} + E_{pp'} - E_{tzás} - E_t$$

$$E_{vp} = 0,048 + 0,72 - 0,025 - 0,0173 = \underline{0,73J}$$

Rychlost závěru vpředu

$$V_{vp} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{vp}}{M_z}}$$

$$V_{vp} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,73}{0,22}} = \underline{2,58m \cdot s^{-1}}$$

Střední rychlost závěru vpřed

$$V_{stř-vp} = \frac{V_{odr} + V_{vp}}{2}$$

$$V_{stř-vp} = \frac{0,66 + 2,58}{2} = \underline{1,62m \cdot s^{-1}}$$

Čas pohybu závěru vpřed

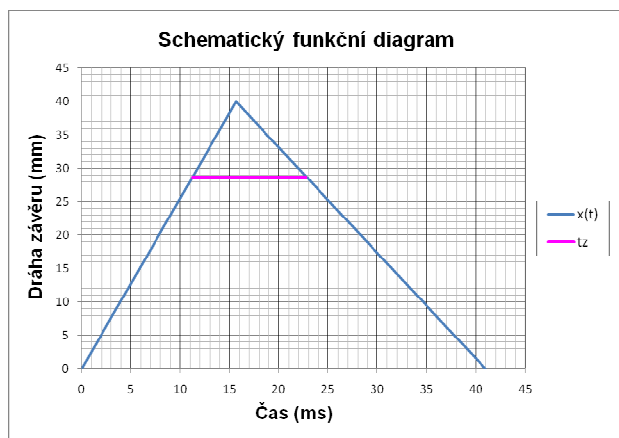
$$t_2 = \frac{s}{V_{stř-vp}}$$

$$t_2 = \frac{0,04}{1,62} = \underline{0,025s}$$

Celková doba funkčního cyklu

$$t_{fc} = t_1 + t_2$$

$$t_{fc} = 0,0157 + 0,025 = \underline{\underline{41ms}}$$



Zvětšený graf je uveden v příloze.

7.3. Zásobovací ústrojí

Pro svůj návrh jsem použil desetiranný jednořadý zásobník s jednořadým vyústěním z produkce České Zbrojovky a.s.. Nejdůležitějším kritériem pro jeho správnou funkci je podmínka včasného podání náboje do nábojiště. Tzn. doba podání „ t_p “ (posunutí sloupce nábojů o dráhu „ s “) musí být kratší než doba pohybu závěru „ t_z “ od dna podávajícího náboje do zadní polohy a zpět. Tedy:

$$t_p < t_z$$

Vstupní hodnoty pro výpočet jsem použil z výše uvedeného zásobníku. Charakteristika jeho pružiny je :

$$F_1=4,5\text{N} \quad L_1=74,5\text{mm}$$

$$F_8=17\text{N} \quad L_8=20,5\text{mm}$$

$t_z = 0,0114\text{s}$ – odečteno z funkčního diagramu

Včasnost podání náboje

Pro tento výpočet jsem zvolil vztahy:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot V_i^2 = (F - G_n - G_p) \cdot s$$

$$V_i = \sqrt{\frac{2 \cdot (F - G_n - G_p) \cdot s}{m}}$$

$$t_p = \frac{s}{0,5 \cdot V_i}$$

kde:

F síla pružiny podavače

s dráha podání náboje, $s = 0,002\text{m}$

G gravitační síla podavače a náboje

$$G = g \cdot m$$

$$m = m_n + m_p$$

kde:

g gravitační zrychlení, $g = 9,81\text{m.s}^{-1}$

m_p hmotnost podavače, $m_p = 0,0025\text{kg}$

m_n hmotnost jednoho náboje, $m_n = 0,0035\text{kg}$

$$m = 0,0035 + 0,0025 = \underline{0,006\text{kg}}$$

$$G_p = 9,81 \cdot 0,0025 = \underline{0,0245\text{N}}$$

$$G_n = 9,81 \cdot 0,0035 = \underline{0,0343\text{N}}$$

Rychlost a včasnost podání jednoho náboje

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot (F - G_n - G_p) \cdot s}{m}}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot (5,7 - 0,034 - 0,0245) \cdot 0,002}{0,006}} = \underline{1,94 m \cdot s^{-1}}$$

$$t_{p1} = \frac{0,002}{0,5 \cdot 1,94} = \underline{\underline{0,002 s}}$$

Rychlost a včasnost podání 10 nábojů

$$m = 0,035 + 0,0025 = \underline{0,0375 kg}$$

$$G_p = 9,81 \cdot 0,0025 = \underline{0,0245 N}$$

$$G_n = 9,81 \cdot 0,0035 = \underline{0,343 N}$$

$$V_{10} = \sqrt{\frac{2 \cdot (F - G_n - G_p) \cdot s}{m}}$$

$$V_{10} = \sqrt{\frac{2 \cdot (17 - 0,343 - 0,0245) \cdot 0,002}{0,0375}} = \underline{1,33 m \cdot s^{-1}}$$

$$t_{p10} = \frac{0,002}{0,5 \cdot 1,33} = \underline{\underline{0,003 s}}$$

Po dosazení obou výsledků do požadované nerovnosti $t_p < t_z$

$$0,002 < 0,0114$$

$$0,003 < 0,0114$$

jsem si ověřil splnění podmínky včasnosti podání náboje nejdříve pro jeden náboj v zásobníku a poté pro plnou kapacitu (10 nábojů) zásobníku.

8. Zhodnocení vhodnosti řešení mechanismů a součástí z hlediska dosažení vysoké přesnosti střelby.

Na přesnost střelby má ve zbrani vliv mnoho součástí a mechanismů, případně jejich kombinace. Jsou to nejčastěji:

- **Podávání**

Při podání náboje do komory dochází k mírnému poškození olověné střely. K tomuto poškození dojde zejména vlivem styku střely s náběžnou plochou do komory – zpravidla

skluzavkou. Při pohybu závěru vpřed zároveň dochází i k mírnému poškození střely, která je ještě v zásobníku. Toto poškození je způsobeno můstkem závěru.

- **Spoušťové ústrojí**

Lze předpokládat, že u samonabíjecích malorážek bude charakteristika spouště (počínaje vyšším odporem spouště až po samotný průběh spouštění) horší než u opakovacích malorážek. Tato skutečnost může mít za následek strhávání zbraně při stisknutí spouště. Uvedený problém lze minimalizovat např. leštěním, popř. povlakováním ploch zachytu.

- **Mířidla**

Ke zbraním tohoto typu se téměř vždy dodávají mechanická mířidla. Každopádně většina z nich umožňuje uchycení volitelných příslušenství v podobě např. optických zaměřovačů.

- **Ergonomie zbraně**

Na tento faktor má vliv především pažba a zásadním způsobem ovlivňuje jak úchop samotné zbraně, tak pohodlnost zamíření. Pažba se volí pro základní provedení spíše jednodušších tvarů. Propracovanější pažby obsahují až dražší provedení, případně mohou být dokoupeny samostatně.

Už z principu funkce samonabíjecích malorážek vyplývá, že tyto budou vždy méně přesné (míněno z hlediska přibližně stejné kvalitní výroby) než malorážky opakovací. Nicméně odstraněním většiny uvedených nedostatků lze jejich přesnost do značné míry přiblížit (nemám však na mysli srovnání s opakovacími malorážkami pro závodní střelbu). Navržené úpravy by samozřejmě znamenaly vyšší cenu zbraně, což bývá zpravidla nepřijatelné. Proto jsou voleny různé kompromisy k dosažení maximální užitenosti úprav.

9. Závěr

Ve své Bakalářské práci jsem se zabýval samonabíjecími malorážkami, zpočátku jejich přehledem a poté jejich konstrukčními principy včetně mého hodnocení. Následně jsem ideově navrhl vlastní řešení. Některá z těchto řešení dokládám výpočtem. Zejména jde o výpočet hlavně, bicího ústrojí, funkčního diagramu a rychlosti podání náboje. Na

závěr také hodnotím vhodnost řešení mechanismů a součástí z hlediska dosažení vysoké přesnosti střelby. Problematiku konstrukce, funkce a technologie výroby malorážek jsem konzultoval s Ing. Miroslavem Hrubým. Postup výpočtů v SW QuickLOAD jsem průběžně konzultoval s Ing. Vladimírem Šimkem.

10. Seznam použité literatury:

- [1] Popelínský, L., Procházka, S., Rosický, J., Balla, J.: Automatické zbraně, učebnice, RDV-51-1, Federální ministerstvo obrany, Praha 1991, s.637
- [2] Fišer, M., Balla, J.: Malorážové zbraně, Konstrukce, U - 1377, Univerzita obrany Brno, 2004, s.400.
- [3] Komenda, J.: Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní. VŠB-TUO, Ostrava 2006, s.132.
- [4] Beer, S., Plíhal, B., Vítek, R., Jedlička, L.: Vnitřní balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní. VŠB-TUO, Ostrava 2007, s.118.
- [5] Fišer, M., Procházka, S.: Podklady pro stanovení metodiky výpočtu hlavní malorážových zbraní. VA, Brno 1994, s.55.
- [6] Fišer, M., Procházka, S.: Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní. VŠB-TUO, Ostrava 2007, s.140.
- [7] Fišer, M.: Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní. VŠB-TUO, Ostrava 2009, s.144.
- [8] Popelínský, L.: Projektování automatických zbraní, Výpočet funkčního diagramu automatické zbraně, S – 2589, VA Brno, Brno 2000, s.118.
- [9] Rimfire comparison picture [online], Varminter.com, [cit. 30. 12. 2009], dostupné z <http://www.varminter.com/forums/lofiversion/index.php/t8344.html>
- [10] Kulovnice [online], BVS-online, [cit. 30. 12. 2009], dostupné z <http://www.bvs.cz/kulovnice.html>
- [11] 22 Long rifle [online], Wikipedie, [cit. 30. 12. 2009], dostupné z http://cs.wikipedia.org/wiki/.22_Long_Rifle
- [12] Rimfire ammunition [online], Wikipedia, [cit. 30. 12. 2009], dostupné z http://en.wikipedia.org/wiki/Rimfire_ammunition
- [13] Novinky German sports games [online], Střelci, [cit. 30. 12. 2009], dostupné z <http://www.strelci.com/modules.php?name=News&file=article&sid=381>

- [14] Rimfire image [online], Wikipedia, [cit. 30. 12. 2009], dostupné z http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rim_fire.PNG
- [15] GSG 5 [online], AK47.NET, [cit. 30. 12. 2009], dostupné z <http://www.ak47.net/forums/topic.html?b=6&f=41&t=236712>

11. Přílohy

- A) Přehled základních parametrů samonabíjecích malorážek - tabulka
- B) Tabulka vypočtených hodnot pro hlaveň 22 Long Rifle
- C) Graf průběhu tlaků a koeficientu bezpečnosti
- D) Tabulka výpočtu rychlosti závěru
- E) Schematický funkční diagram
- F) Parametry náboje a komory ráže 22LR dle Mezinárodní komise C.I.P.
- G) Celkový pohled na návrh zbraně
- H) Zvláštní příloha. Obsahuje CD nosič s elektronickou podobou této BP
- I) Výkres hlavně 22Long Rifle (formát A2)
- J) Výkres celkové sestavy (formát A2)

Příloha A Přehled základních parametrů samonabíjecích malorážek

Výrobce	model	typ	ráže	Délka hlavně (mm)	Vnější rozměry d/v/š (mm)	Hmotnost (kg)	Kap. zás. (nábojů)
Walther	Colt M16		22LR	539	1010/230/65	2,83	10, 30
	Colt M4		22LR	412	875/230/65	2,7	10, 30
	G 22		22LR	508	720-750/220/55	2,7	10
GSG	GSG 5	GSG-5 A	22LR	230	714/207/53	2,9	2, 10, 15, 22
		GSG-5 L	22LR	414	855/207/53	3,1	2, 10, 15, 22
		GSG-5 P	22LR	230	474/207/53	2,7	2, 10, 15, 22
		GSG-5 PK	22LR	119	388/207/53	2,3	2, 10, 15, 22
		GSG-5 SD	22LR	414	855/207/53	3,3	2, 10, 15, 22
	AK 47 HV		22LR HV	448	927/255/71	3,2	2, 10, 15, 24
Baikal	MP 161 K		22LR	500	1000/170/70	2,6	9
Norinco	JW 14		22LR	528	1020/-/-	2,8	10
Remington	model 597	Basic	22LR	508	1016/-/-		10
		Blaze Camo	22LR	508	1016/-/-		10
		FLX Camo	22LR	508	1016/-/-		10
		Pink Camo	22LR	508	1016/-/-		10
		SS	22LR	508	1016/-/-		10
		TVP	22LR	508	1016/-/-		10
		VTR	22LR	406	883/-/-		10
		Chameleon	22LR	406	883/-/-		10
		Magnum	22WMR	508	1016/-/-		8
	552 speedmaster		22Short, 22LR, 22Long	533	1016/-/-	2,6	15, 17, 20
F. PIETTA	PPS/50		22LR	406	851/-/-	2,7	10, 30, 50
TOZ	99		22LR	536	980/200/60	2,4	5, 10
Browning	Semiauto 22		22LR	489	940/203/63,5	2,4	12
Ruger	10/22	Carbine	22LR	470	940/-/-	2,3	10
		Target	22LR	508	978/-/-	3,4	10
		Compact	22LR	410	864/-/-	2	10
		Sporter	22LR	480	940/-/-	2,6	10
		Target tact.	22LR	410	876/-/-	3,1	10
	SR 22	SR 22 R	22LR	409	832-915/178/51	3	10
		SR 22 RSC	22LR	409	873/184/51	3	10
Marlin		60	22LR	483	953/-/-	2,5	14
		60C	22LR	483	953/-/-	2,5	14
		60SB	22LR	483	953/-/-	2,5	14
		60SN	22LR	483	953/-/-	2,5	14
		60SS	22LR	483	953/-/-	2,3	14
		795, 795SS	22LR	457	940/-/-	2	10
		70PSS	22LR	413	895/-/-	1,5	7
Savage		64 BTV	22LR	533	1016/-/-	2,3	10
		64 F	22LR	521	1016/-/-	2,3	10
		64 F Camo	22LR	521	1016/-/-	2,3	10
		64 FSS	22LR	521	1016/-/-	2,3	10
		64 G	22LR	521	1016/-/-	2,3	10
PPK	KMS 611		22WMR	520	990/-/-	2,8	5
CZUB	CZ 512		22LR, 22WMR	525	1000/200/57	2,7	5, 10

Příloha B

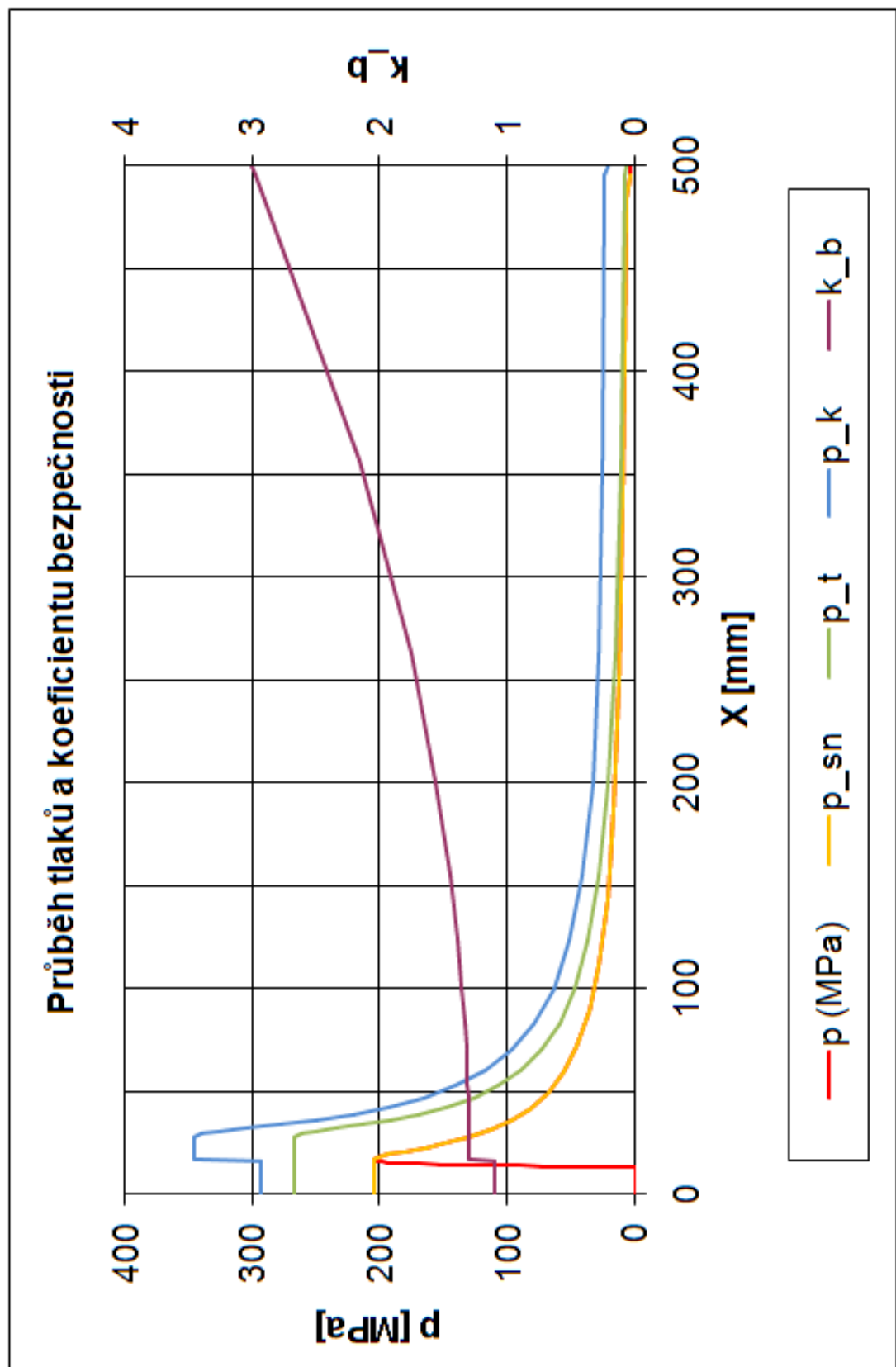
Tabulka vypočtených hodnot pro hlaveň 22 Long Rifle

X (mm)	X(mm)+2*d	p (MPa)	p _{sn} (MPa)	torm. tlak (MPa)	koef. bezp.	konstr. tlak (MPa)	vněj prům (mm)
0,00000	0,00000	0,00000	205,10878	266,64142	1,10000	293,30556	12,72096
1,00000	12,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,10000	293,30556	12,72096
2,00000	13,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,10000	293,30556	12,72096
3,00000	14,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,10000	293,30556	12,72096
4,00000	15,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,10000	293,30556	12,72096
5,00000	16,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,10000	293,30556	12,72096
6,00000	17,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
7,00000	18,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
8,00000	19,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
9,00000	20,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
10,00000	21,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
11,00000	22,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
12,00000	23,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,00000	24,16000	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,20040	24,36040	0,00000	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,20175	24,36175	0,11949	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,20495	24,36495	0,52223	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,21120	24,37120	1,47364	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,22200	24,38200	3,31875	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,23915	24,39915	6,46671	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,26475	24,42475	11,36247	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,30120	24,46120	18,44217	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,35120	24,51120	28,07143	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,41775	24,57775	40,47078	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,50415	24,66415	55,63920	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,61400	24,77400	73,29346	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,75120	24,91120	92,84368	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
13,91995	25,07995	113,42157	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
14,12475	25,28475	133,96560	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
14,37040	25,53040	153,35041	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
14,66200	25,82200	170,53262	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
15,00495	26,16495	184,67952	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
15,18653	26,34653	195,25308	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
15,51839	26,67839	198,93305	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
15,69548	26,85548	203,13216	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
15,88052	27,04052	204,32391	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
15,97617	27,13617	204,96537	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
16,00042	27,16042	205,09195	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
16,01259	27,17259	205,10418	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
16,01869	27,17869	205,10743	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
16,02480	27,18480	205,10834	205,10878	266,64142	1,30000	346,63384	12,32343
16,03091	27,19091	205,10878	205,10878	266,64142	1,30000	346,63437	12,32343
16,88956	28,04956	205,10875	205,10875	266,64138	1,30029	346,71138	12,32342
17,92219	29,08219	201,59017	201,59017	262,06722	1,30065	340,85810	11,95215
19,17146	30,33146	192,45915	192,45915	250,19689	1,30111	325,53270	11,12759
20,69227	31,85227	179,47078	179,47078	233,31202	1,30169	303,69931	10,20467

22,55587	33,71587	164,04748	164,04748	213,26172	1,30244	277,76089	9,35968
24,85557	36,01557	147,32385	147,32385	191,52100	1,30344	249,63523	8,64347
27,71465	38,87465	130,18697	130,18697	169,24307	1,30477	220,82311	8,05385
31,29773	42,45773	113,31256	113,31256	147,30633	1,30659	192,46965	7,57287
35,82694	46,98694	97,19744	97,19744	126,35668	1,30915	165,41963	7,18101
41,60544	52,76544	82,18871	82,18871	106,84532	1,31281	140,26731	6,86135
49,05217	60,21217	68,50973	68,50973	89,06265	1,31819	117,40129	6,60026
58,75391	69,91391	56,28324	56,28324	73,16822	1,32633	97,04500	6,38700
71,54452	82,70452	45,55181	45,55181	59,21736	1,33902	79,29330	6,21308
88,62804	99,78804	36,29569	36,29569	47,18440	1,35948	64,14615	6,07177
111,77352	122,93352	28,44838	28,44838	36,98290	1,39362	51,54020	5,95759
143,63044	154,79044	21,91004	21,91004	28,48305	1,45280	41,38006	5,86604
188,25184	199,41184	16,55878	16,55878	21,52642	1,55957	33,57201	5,79336
251,98558	263,14558	12,26024	12,26024	15,93832	1,76083	28,06463	5,73636
345,03876	356,19876	8,87533	8,87533	11,53792	2,15857	24,90545	5,69230
484,31781	495,47781	6,26646	6,26646	8,14640	2,98669	24,33077	5,65881
495,12769	506,28769	4,30243	4,30243	5,59316	3,05236	17,07235	5,63387
497,87604	509,03604	4,19825	4,19825	5,45773	3,06915	16,75060	5,63255
499,25719	510,41719	4,17253	4,17253	5,42428	3,07761	16,69384	5,63223
499,94952	511,10952	4,15971	4,15971	5,40762	3,08186	16,66552	5,63206
499,99283	511,15283	4,15331	4,15331	5,39931	3,08212	16,64133	5,63198

Příloha C

Graf průběhu tlaků a koeficientu bezpečnosti



Příloha D

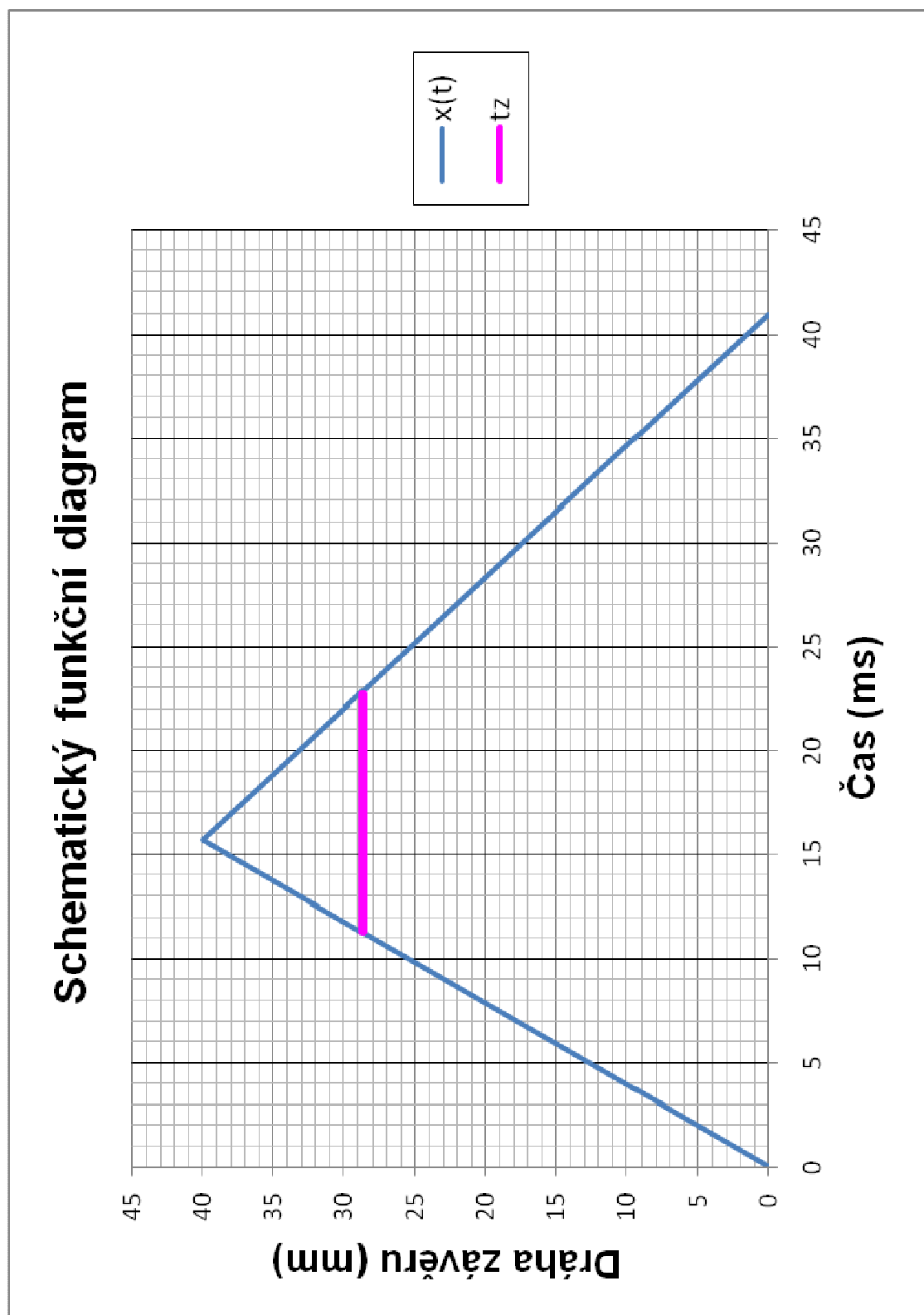
Tabulka výpočtu rychlosti závěru

p (MPa)	t (s)	FH (N)	Fpp (N)	Fbp(N)	a (m.s ⁻²)	dV	V (m.s ⁻¹)	dX	X (mm)
0,0000	0	0	14,2000	19,61	0	0	0	0	0
0,1195	1,6E-05	2,94301	14,2000	19,61	0	0	0	0	0
0,5222	4,1E-05	12,8626	14,2000	19,61	0	0	0	0	0
1,4736	5,9E-05	36,2957	14,2000	19,61	8,36949	0,00016	0,00016	1,4E-09	1E-06
3,3187	7,4E-05	81,7407	14,2000	19,61	161,383	0,00243	0,00258	2,1E-08	2E-05
6,4667	8,7E-05	159,275	14,2000	19,61	422,441	0,00536	0,00794	6,7E-08	9E-05
11,3625	9,8E-05	279,858	14,2001	19,61	828,443	0,00909	0,01703	1,4E-07	0,0002
18,4422	0,00011	454,231	14,2002	19,61	1415,56	0,01372	0,03075	2,3E-07	0,0005
28,0714	0,00012	691,399	14,2003	19,61	2214,1	0,01928	0,05003	3,5E-07	0,0008
40,4708	0,00012	996,795	14,2005	19,61	3242,37	0,02573	0,07576	5E-07	0,0013
55,6392	0,00013	1370,39	14,2008	19,61	4500,28	0,03298	0,10874	6,8E-07	0,002
73,2935	0,00014	1805,22	14,2011	19,611	5964,33	0,04084	0,14958	8,8E-07	0,0029
92,8437	0,00014	2286,74	14,2016	19,611	7585,62	0,04907	0,19864	1,1E-06	0,004
113,4216	0,00015	2793,57	14,2022	19,611	9292,12	0,05738	0,25602	1,4E-06	0,0054
133,9656	0,00016	3299,57	14,2028	19,612	10995,8	0,06547	0,32149	1,7E-06	0,0071
153,3504	0,00016	3777,02	14,2037	19,612	12603,4	0,07304	0,39453	2,1E-06	0,0092
170,5326	0,00017	4200,22	14,2047	19,613	14028,3	0,07984	0,47437	2,5E-06	0,0117
184,6795	0,00017	4548,66	14,2058	19,613	15201,5	0,08568	0,56005	2,9E-06	0,0146
195,2531	0,00018	4809,08	14,2072	19,614	16078,3	0,09046	0,65051	3,4E-06	0,018
198,9330	0,00018	4899,72	14,2079	19,615	16383,5	0,04371	0,69422	1,8E-06	0,0198
203,1322	0,00019	5003,15	14,2092	19,615	16731,7	0,07464	0,76886	3,3E-06	0,023
204,3239	0,00019	5032,5	14,2099	19,616	16830,5	0,03708	0,80594	1,7E-06	0,0248
204,9654	0,00019	5048,3	14,2106	19,616	16883,7	0,03703	0,84297	1,8E-06	0,0266
205,0920	0,00019	5051,41	14,2110	19,617	16894,2	0,0185	0,86146	9,3E-07	0,0275
205,1042	0,00019	5051,72	14,2111	19,617	16895,2	0,00462	0,86609	2,4E-07	0,0278
205,1074	0,00019	5051,8	14,2111	19,617	16895,5	0,00231	0,8684	1,2E-07	0,0279
205,1083	0,00019	5051,82	14,2112	19,617	16895,6	0,00116	0,86955	5,9E-08	0,0279
205,1088	0,00019	5051,83	14,2112	19,617	16895,6	0,00116	0,87071	6E-08	0,028
205,1088	0,00019	5051,83	14,2112	19,617	16895,6	0,00116	0,87186	6E-08	0,0281
201,5902	0,0002	4965,17	14,2146	19,619	16603,8	0,14627	1,01814	8,3E-06	0,0364
192,4591	0,00021	4740,27	14,2185	19,621	15846,6	0,14425	1,16239	9,9E-06	0,0463
179,4708	0,00022	4420,37	14,2233	19,624	14769,4	0,14259	1,30498	1,2E-05	0,0582
164,0475	0,00023	4040,49	14,2290	19,627	13490,4	0,14113	1,44611	1,4E-05	0,0726
147,3238	0,00024	3628,59	14,2360	19,631	12103,5	0,13981	1,58592	1,8E-05	0,0901
130,1870	0,00026	3206,51	14,2446	19,637	10682,3	0,13855	1,72447	2,1E-05	0,1116
113,3126	0,00027	2790,89	14,2552	19,643	9282,85	0,13732	1,86179	2,7E-05	0,1381
97,1974	0,00029	2393,97	14,2685	19,651	7946,38	0,13608	1,99787	3,3E-05	0,1712
82,1887	0,00031	2024,31	14,2851	19,661	6701,65	0,13478	2,13265	4,2E-05	0,2127
68,5097	0,00033	1687,39	14,3062	19,673	5567,17	0,13339	2,26604	5,3E-05	0,2654
56,2832	0,00036	1386,26	14,3332	19,689	4553,12	0,13186	2,3979	6,8E-05	0,3329
45,5518	0,0004	1121,94	14,3682	19,71	3663,03	0,13012	2,52803	8,7E-05	0,4204
36,2957	0,00044	893,963	14,4140	19,737	2895,23	0,12811	2,65613	0,00011	0,5351
28,4484	0,0005	700,684	14,4750	19,774	2244,22	0,12569	2,78182	0,00015	0,6874
21,9100	0,00057	539,644	14,5570	19,822	1701,67	0,1227	2,90451	0,00021	0,8924
16,5588	0,00066	407,843	14,6690	19,889	1257,45	0,11888	3,02339	0,00028	1,1726
12,2602	0,00079	301,97	14,8248	19,982	900,376	0,11383	3,13722	0,00039	1,562
8,8753	0,00096	218,599	15,0453	20,113	618,831	0,10691	3,24413	0,00055	2,1133

6,2665	0,0012	154,343	15,3637	20,302	401,295	0,09702	3,34116	0,0008	2,9093
4,3024	0,00155	105,969	15,8338	20,582	236,709	0,08225	3,42341	0,00118	4,0846
4,1983	0,00158	103,403	15,8700	20,604	225,546	0,00596	3,42936	9E-05	4,1751
4,1725	0,00158	102,769	15,8792	20,609	223,218	0,0015	3,43086	2,3E-05	4,1981
4,1597	0,00159	102,454	15,8838	20,612	222,105	0,00075	3,43161	1,2E-05	4,2096
4,1533	0,00159	102,296	15,8862	20,613	221,55	0,00037	3,43198	5,8E-06	4,2154
4,1529	0,00159	102,286	15,8863	20,613	221,504	2,3E-05	3,432	3,6E-07	4,2158

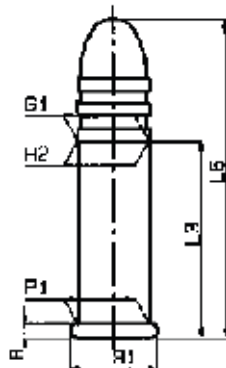
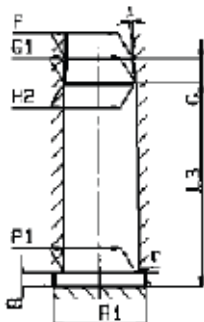
Příloha E

Schematický funkční diagram



Příloha F

Parametry náboje a komory ráže 22LR dle Mezinárodní komise C.I.P.

C.I.P.	22 Long Rifle Country of origin: US	TAB.	V
		Date	84-06-14
		Revision	00-06-07
	CARTRIDGE MAXI Lengths L1 = L2 = L3 ¹⁾ = 15.57 L4 = L5 = L6 = 25.40 Case Head R ¹⁾ = 1.09 -0.18 R1 = 7.06 R3 = E = E1 = e min = δ = f = β = Powder Chamber P1 = 5.74 P2 = Junction cone α = S = r1 min = r2 = Collar H1 = H2 ¹⁾ = 5.72 Projectile G1 ¹⁾ = 5.72 G2 = F = L3+G ¹⁾ = 17.51 Pressures (Energies) Method Crusher (Conformal) Pmax = 2050 bar PK = 2358 bar PE = 2665 bar M = 17.37 Miscellaneous Dimensions Fe ¹⁾ = 0.20 delta L =	CHAMBER MINI Lengths L1 = L2 = L3 ¹⁾ = 16,33 Breech R ¹⁾ = 1.09 R1 = 7.32 R2 = R3 = r = 0.25 Powder Chamber E = P1 ¹⁾ = 5.76 P2 = Junction cone α = S = r1 max = r2 = Collar H1 = H2 ¹⁾ = 5.72 Commencement of Rifling G1* = 5.72 G = 1.94 α1 = h = s = i * = 5° w = Barrel F ¹⁾ * = 5.38 Z ¹⁾ = 5.58 Grooves b = 2.16 N = 6 u = 406.00 Q = 24.06 mm ²	
			
Scale 2 : 1			
Dimensions in « mm » Dimensions and Tolerances for Proof Barrels See Appendix CR 2.		Notes : 1) Check for safety reasons * Basic dimensions	

Reproduction forbidden as well as in the form of extracts without approval of C.I.P.

Příloha G

Celkový pohled na návrh zbraně



Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Prof. Ing. Lubomíru Popelínskému, DrSc., za hodnotné rady a odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Vladimíru Šimkovi za pomoc při realizaci výpočtů a konzultace. Na závěr chci poděkovat své manželce a celé rodině za trpělivost a podporu.